

PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SIMULADOR DE CABALLITOS CONFORME
A LA NORMA UNE 13814 “MAQUINARIA Y ESTRUCTURAS
PARA PARQUES Y FERIAS DE ATRACCIONES” SOBRE LA
SEGURIDAD DE ATRACCIONES DE FERIA**

Tutor: María Beatriz Ramírez Berasategui

Autor: Luis Prieto Arenal

Contenido

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Introducción..... | 5 |
| 2. | Objetivo..... | 6 |
| 2.1 | Proyecto..... | 6 |
| 2.2 | Simulador de caballitos..... | 6 |
| 2.3 | Partes del proyecto..... | 7 |
| 3. | Antecedentes del simulador de caballitos..... | 8 |
| 4. | Ejecución de un caballito..... | 10 |
| 4.1 | El caballito a base de puño de gas..... | 10 |
| 4.2 | El caballito a embrague..... | 11 |
| 4.3 | Análisis dinámico de un caballito..... | 11 |
| 5. | Homologación, normativa y legislación..... | 18 |
| 5.1 | Atracción de feria..... | 18 |
| 5.1.1. | Aceptación del diseño..... | 19 |
| 5.1.2. | Disposiciones previas a la entrega y el uso..... | 21 |
| 5.2 | Máquina recreativa..... | 24 |
| 5.2.1. | Tipo de máquina recreativa..... | 24 |
| 5.2.2. | Registro de modelos..... | 24 |
| 5.2.3. | Realización del registro..... | 25 |
| 5.2.4. | Conformidad de la UE..... | 25 |
| 5.2.5. | Diseño en función de la legislación vigente..... | 26 |
| 6. | Diseño de componentes..... | 28 |
| 6.1 | Motocicleta..... | 30 |
| 6.2 | Dinamómetro..... | 34 |
| 6.2.1. | Cilindro..... | 36 |
| 6.2.2. | Sistema de frenado..... | 37 |
| 6.3 | Sistema de sujeción..... | 42 |
| 6.4 | Estructura..... | 49 |
| 6.4.1. | Tornillos..... | 53 |
| 6.5 | Arnés de seguridad..... | 54 |
| 6.5.1. | Coeficiente de seguridad..... | 55 |
| 6.6 | Sistemas anexos..... | 56 |
| 6.7 | Sistema eléctrico..... | 57 |
| 6.7.1. | Clases de protección de los equipos..... | 58 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.7.2. | Protección contra descargas eléctricas..... | 58 |
| 6.7.3. | Medidas de protección del alumbrado | 59 |
| 6.7.4. | Alumbrado y alumbrado de emergencia | 59 |
| 6.7.5. | Protección contra sobrecargas y cortocircuitos..... | 59 |
| 6.7.6. | Sistemas de control | 60 |
| 7. | Cargas de diseño | 61 |
| 7.1 | Generalidades..... | 61 |
| 7.2 | Acciones permanentes | 61 |
| 7.2.1. | Acción permanente | 61 |
| 7.2.2. | Valor característicos máximos. | 61 |
| 7.2.3. | Valor característicos mínimos. | 62 |
| 7.3 | Acciones variables..... | 62 |
| 7.3.1. | Cargas verticales | 62 |
| 7.3.2. | Cargas horizontales | 62 |
| 7.4 | Cargas de viento..... | 62 |
| 7.4.1. | Viento general..... | 63 |
| 7.4.2. | Viento en servicio..... | 64 |
| 7.5 | Cargas de nieve..... | 64 |
| 7.6 | Fuerzas de inercia | 64 |
| 7.7 | Colisiones | 64 |
| 7.8 | Combinación de cargas | 66 |
| 7.8.1. | Combinaciones fundamentales..... | 66 |
| 8. | Verificación de estabilidad..... | 69 |
| 8.1 | Vuelco, deslizamiento y levantamiento | 69 |
| 8.1.1. | Vuelco..... | 69 |
| 8.1.2. | Deslizamiento | 72 |
| 9. | Diseño estructural y fabricación | 74 |
| 9.1 | Accesibilidad..... | 74 |
| 9.2 | Dispositivos de fijación y seguridad | 74 |
| 9.3 | Uniones desmontables | 75 |
| 9.4 | Corrosión y oxidación. | 75 |
| 10. | Reducción de riesgos | 76 |
| 10.1 | Identificación de peligro | 76 |
| 10.2 | Plataformas..... | 76 |

| | | |
|------|---|----|
| 10.3 | Escaleras | 76 |
| 10.4 | Caídas | 76 |
| 10.5 | Aplastamientos o enganches | 77 |
| 10.6 | Protección partes peligrosas de la máquina | 77 |
| 10.7 | Criterios relativos a las características de los pasajeros..... | 77 |
| 11. | Conclusiones | 78 |
| 12. | Presupuesto..... | 79 |
| 13. | Bibliografía | 82 |
| 14. | Planos..... | 83 |
| 14.1 | Subconjuntos estructurales..... | 83 |
| 15. | Libro de operaciones | 84 |
| 16. | Formulario de inspección..... | 85 |
| 17. | Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre. | 86 |

1. Introducción

En el mundo de la motocicleta existe una gran afición, no sólo a montar en motocicleta, sino, que existe un sector de ocio alrededor que año a año crece. Se producen multitud de concentraciones a lo largo del año, varios grandes premios de motociclismo y ferias de motocicletas en nuestro país. En todo este tipo de espectáculos, se realizan por norma general, espectáculos de acrobacias o “stunt”, donde los especialistas hacen caballitos de diferentes formas. Todo este tipo de afición y espectáculos de ocio generan una necesidad en las personas de imitar y practicar este tipo de maniobras.

Es tal esta afición y de tal manera que existe diferentes tipos de máquinas recreativas para jóvenes vinculadas al motociclismo. Estas máquinas se basan en explotar las sensaciones más placenteras de la conducción de motocicletas, sin embargo suelen basarse en mayor medida en la perspectiva visual y no tanto en la habilidad de las personas.

Hay que recordar, antes de nada, que los caballitos en las carreteras españolas son totalmente ilegales dado que la maniobra se considera temeraria, lo que conlleva la retirada de 1 a 3 meses de carné, de 300€ a 600€ de multa y una retirada de 6 puntos. A parte de lo anterior, hay que tener en cuenta que hacer caballitos puede ser peligroso para el piloto y para los espectadores, también se pueden dañar varias partes importantes de la moto como son principalmente: los rodamientos de dirección (en aterrizajes bruscos), embrague, kit de arrastre, incluso el motor se puede llegar a quedar sin aceite si el caballito es de varios cientos de metros.

2. Objetivo

2.1 Proyecto

El objetivo de este proyecto es diseñar un simulador de caballitos que cumpla las especificaciones de la norma vigente de atracciones de feria, estudiando la mejor viabilidad para el diseño.

Además se tendrán en cuenta la posibilidad de homologarla como máquina recreativa, teniendo en cuenta los cambios necesarios para ello.

2.2 Simulador de caballitos

El principal objetivo es obtener la máxima diversión y unas sensaciones muy realistas, todo esto en un entorno seguro para los pasajeros y el público. Con este simulador los pasajeros serán capaces de divertirse de forma segura mientras practican una maniobra arriesgada en entornos públicos y muy espectacular, ya que además de mantener la motocicleta haciendo el caballito con una gran inclinación, también existen multitud de variantes en la postura para realizarla, como subido encima del depósito, con pasajero, de pie sobre el asiento...



Figura 2.1

Además de los especialistas que se dedican a entretener al público mientras realizan esta maniobra, eso sí, siempre en entornos seguros y destinados a ello, existe multitud de personas que les gustaría practicar esta maniobra o aprender a realizarla sin miedo a los peligros que ello conlleva, como son las caídas y pérdidas de puntos y sanciones y además, sin recurrir a pistas privadas por su coste elevado.

Por todos estos motivos el simulador de hacer caballitos resulta atractivo y barato para multitud de personas.

2.3 Partes del proyecto

Para el diseño se ha determinado como uno de los objetivos principales la mayor similitud con la maniobra real, sin embargo para que la atracción resulte totalmente segura y cumpla todas las normativas esto supondrá una serie de restricciones que determinen parte del diseño y posterior funcionamiento.

En el principio del proyecto se aclara la historia de la máquina y las diferentes formas de realización de la maniobra en una motocicleta. Seguido se detalla la normativa necesaria para homologar la máquina, ya que existen varias posibilidades para ello. En el capítulo 6 se describen las diferentes partes de la máquina en profundidad, además de las funciones de cada una de ellas y siguiendo a este los cálculos necesarios para cumplir la normativa.

Se dedican los últimos capítulos a la seguridad que es necesaria para homologarla como atracción de feria y como se cumple la normativa para ello. Para terminar se detalla un presupuesto detallado acerca del proyecto, planos de la máquina, estructura y planos detallados, además de un anexo con el libro de operaciones y el formulario de inspección.

3. Antecedentes del simulador de caballitos

Esta forma de practicar y entretener a los aficionados y personas relacionadas con el mundo de la motocicleta se patentó en Estados Unidos en septiembre del 2007 con número de patente 7.270.545 B2, con el nombre de “Motorcycle Wheelie Simulator” y como inventor Dori Milner. Sin embargo existe material visual con fecha de Julio del 2006.

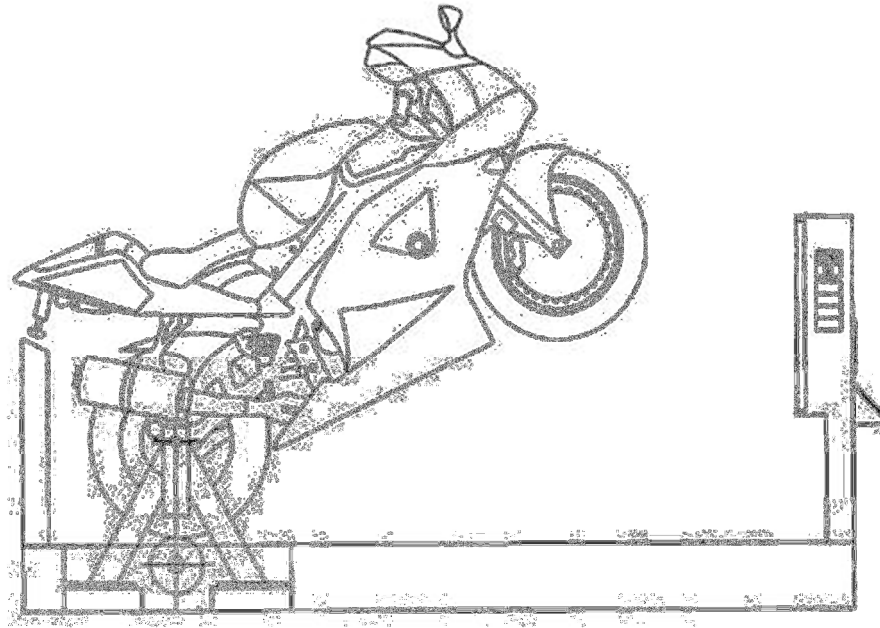


Figura 3.1

Se encuentran en la red multitud de material audiovisual sobre este tipo de simulador, y por lo que parece es bastante conocido en el mundo de la motocicleta en Estados Unidos. No obstante, la información técnica referida a la invención es nula.

También existe un antecedente en España, ya que una empresa que ha utilizado este mismo tipo de atracción y que se llama Xbike. Esta empresa lleva operando en nuestro país desde principios del 2009.



Figura 3.2

Sin embargo no existe conocimiento de una máquina recreativa de estas características. El simulador más parecido está basado sólo en la inclinación de la motocicleta para girar en las curvas.



Figura 3.3

Este simulador es bastante sencillo y poco interesante a nivel de habilidad y espectacularidad, aun así existen multitud de ellos en los salones recreativos de nuestro país como la llamada “Super Hang On” o “Manx TT Superbike”, ambas con muchos años desde sus comienzos en los años 80.

4. Ejecución de un caballito

Para determinar este punto primero debemos explicar las diferentes formas de realizar un caballito en la realidad. Existen dos formas diferentes para realizar un caballito. Simplemente acelerando se puede hacer con casi todas las motos deportivas actuales a partir de 1000 c.c. y usando el embrague en casi cualquier moto.

4.1 *El caballito a base de puño de gas*

Para empezar se rodará en un rango de revoluciones cercanas a las del par máximo del motor, en primera y en un espacio amplio y despejado. Una vez alcanzadas las revoluciones se dejará de acelerar lo suficiente para que la suspensión descienda, se deberá colocar el cuerpo como en la figura 4.1, es decir, colocar todo el cuerpo hacia atrás y se acelerará a fondo. Todo el conjunto de maniobras tiene que realizarse de forma rápida para no perder muchas revoluciones y con ellas el rango adecuado del motor.



Figura 4.1

En este momento se debería levantar la rueda delantera de forma limpia y suave, por lo tanto se debe tener cuidado y no desacelerar o frenar con el freno trasero de forma brusca, pues esto terminaría con una brusca caída del tren delantero.

Una vez se ha levantado la rueda es necesario mantener el equilibrio y la misma aceleración, a no ser que se observe una inclinación excesiva, pues en ese momento se debe desacelerar o frenar con el freno trasero de forma suave y controlada.

En el momento del contacto nuevamente de la rueda delantera con el asfalto no se debe sujetar fuertemente el manillar, ya que este vuelve solo a su posición correcta.

4.2 El caballito a embrague

Esta otra maniobra tiene la ventaja de no necesitar de una gran recta para llevarla a cabo, pero a su vez es más difícil y necesita de práctica para ejecutarla con la suficiente soltura y seguridad.

Para esta maniobra se puede escoger entre la 1ª o 2ª marcha de la motocicleta y se debe circular a bajo número de revoluciones. En este momento se embraga (Fig.4.2) y se acelera



Figura 4.2

(Fig. 4.3) hasta alcanzan las revoluciones del máximo par del motor. En este preciso instante se debería soltar el embrague de forma constante de tal forma que la motocicleta levante la rueda delantera.

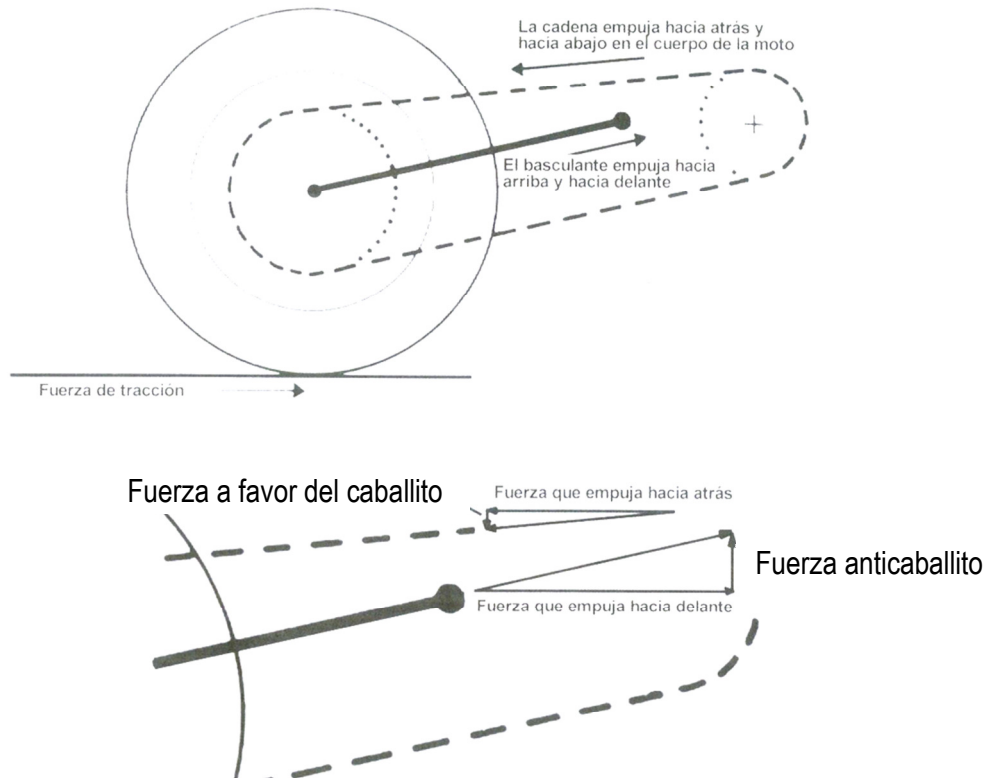


Figura 4.3

Al igual que en la anterior maniobra no se debe desacelerar o frenar de forma brusca por las mismas razones, ni agarrar fuertemente el manillar cuando vuelva a contactar la rueda con el asfalto.

4.3 Análisis dinámico de un caballito

Para las diferentes formas de la maniobra influyen varios parámetros que se irán explicando según influyan en cada una. En este apartado se utiliza como referencia el libro **“Motocicletas, comportamiento dinámico y diseño de chasis”** del autor **Tony Foale**. Primero se analiza la fuerza que produce la cadena al acelerar,

**Figura 4.4**

que como se observa parece pequeña, pero siempre depende de las características constructivas de la motocicleta que influyen de forma decisiva en este parámetro. El punto donde se encuentre el centro instantáneo de fuerzas (CIF), llamado así porque es el único punto a través del cual las fuerzas, del basculante y el tirante de reacción, actúan y por lo tanto no generan en el ningún momento. Este punto se determina por la unión de la línea tangente de la cadena y la línea que une el eje de la rueda trasera con el eje del basculante, como se puede ver en la siguiente figura 4.5 se ha hallado el CIF de nuestra motocicleta.

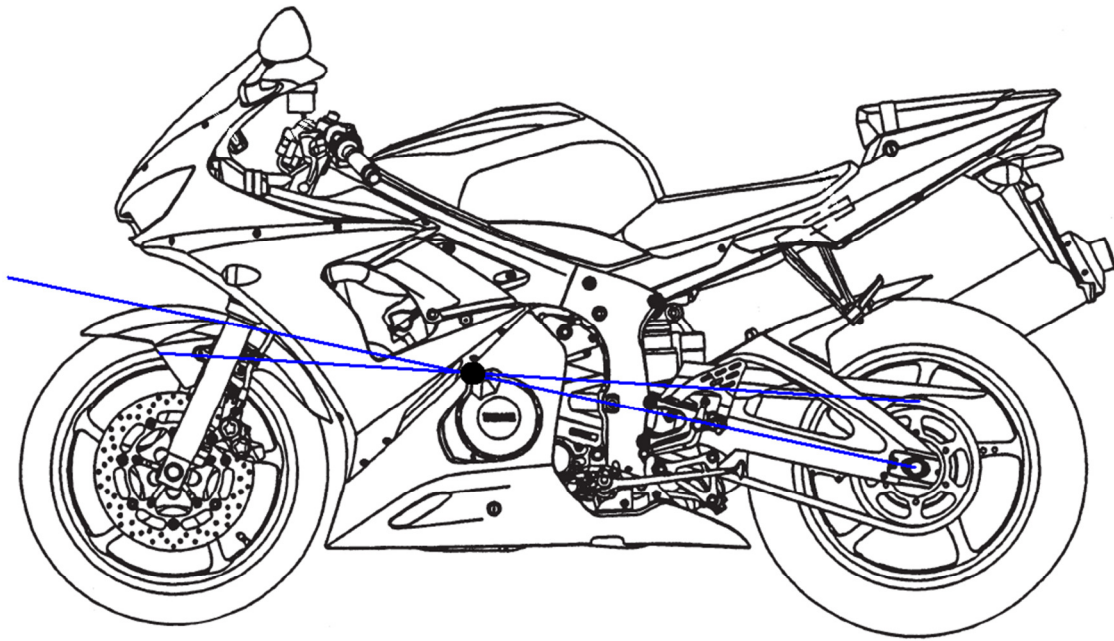


Figura 4.5

Ahora se realiza en la figura 4.6 una línea (número 1) que une el punto de contacto de la rueda trasera y el centro instantáneo de fuerzas y que continúa hasta cortar en el punto 2 con la línea perpendicular al punto de contacto de la rueda delantera. A continuación se une el centro de gravedad con la misma línea, punto 3. Si comparamos el punto 2 y 3 se observa tal y como se explica en la figura 4.7 el porcentaje de anticaballito de este modelo. Este porcentaje se ha obtenido sin piloto.

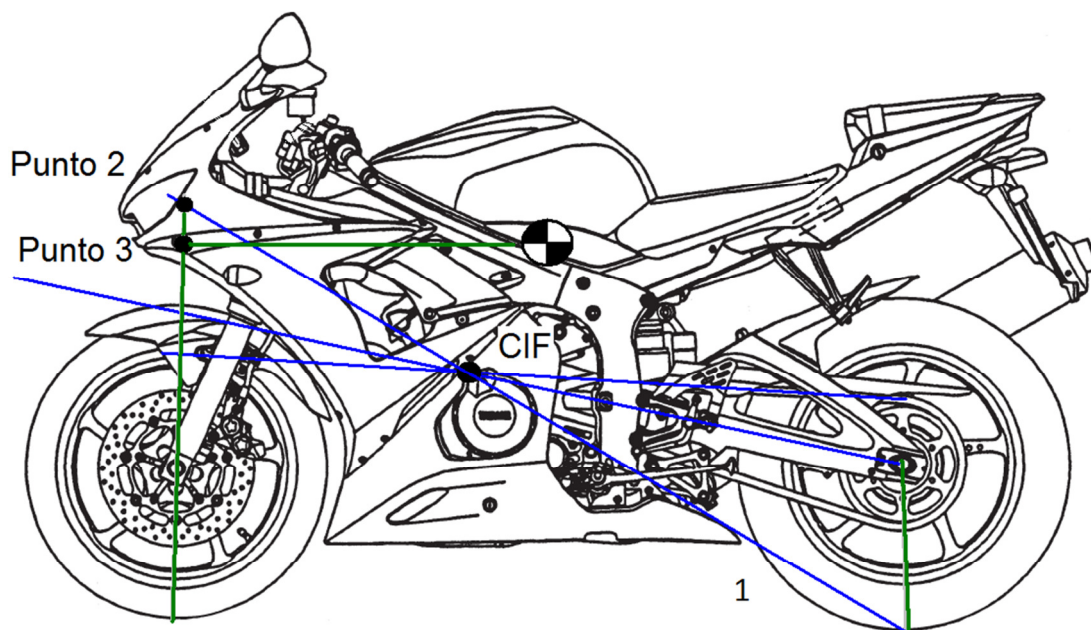


Figura 4.6

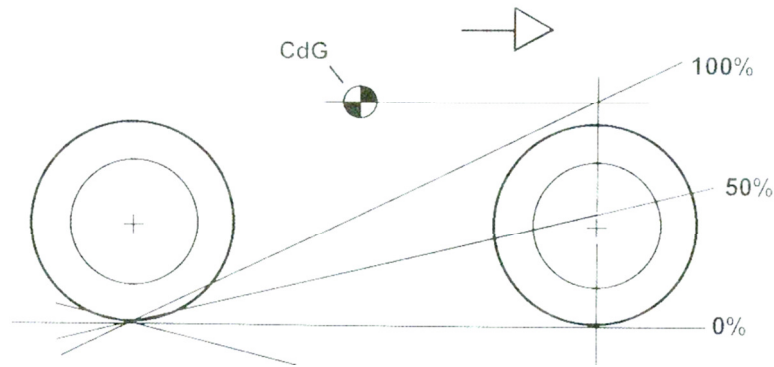


Figura 4.7

Siempre y cuando se acerque el punto de corte al 100% no existirán fuerzas que influyan en la suspensión, pero según baja el tanto por ciento la suspensión trasera tiende a comprimirse, por lo tanto, la moto tiende a levantarse de la rueda delantera y facilitar el caballito. Sin embargo superando el 100% la suspensión se extiende, lo cual comprime la suspensión delantera y dificulta realizar un caballito

Sin embargo no se toman soluciones del 100%, porque además de depender de la carga de la motocicleta y la relación de transmisión final, en las curvas supondría una desventaja.

También como podemos observar en la siguiente figura este punto cambia si la motocicleta se encuentra con o sin piloto:

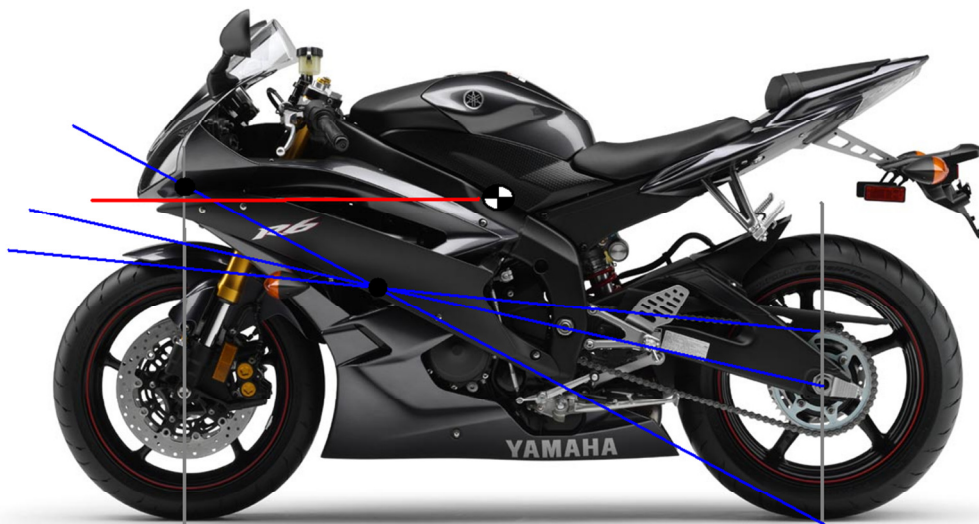


Figura 4.8

Donde el punto se encuentra por encima del 100%, y por lo que sería una motocicleta con tendencia extender la suspensión. Pero al resultar cargada todo esto cambia como se puede observar en la figura 4.9.



Figura 4.9

Ahora se observa que este punto se encuentra alrededor del 70%. En la figura 4.10 se observa un esquema de la diferencia cuando está con piloto o sin el, siempre teniendo en cuenta que se trate de una motocicleta con la suspensión en perfecto estado y bien reglada. Donde el manual de la suspensión nos indica que la diferencia entre R_2 y R_3 (Figura 4.10) debe ser entre 15 y 20 milímetros y la diferencia de F_2 y F_3 debe ser aproximadamente 20 milímetros.

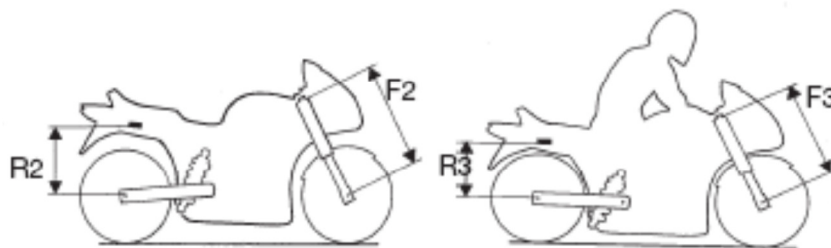


Figura 4.10

Por lo tanto para que la maniobra se realice con mucha mayor facilidad lo más sencillo es:

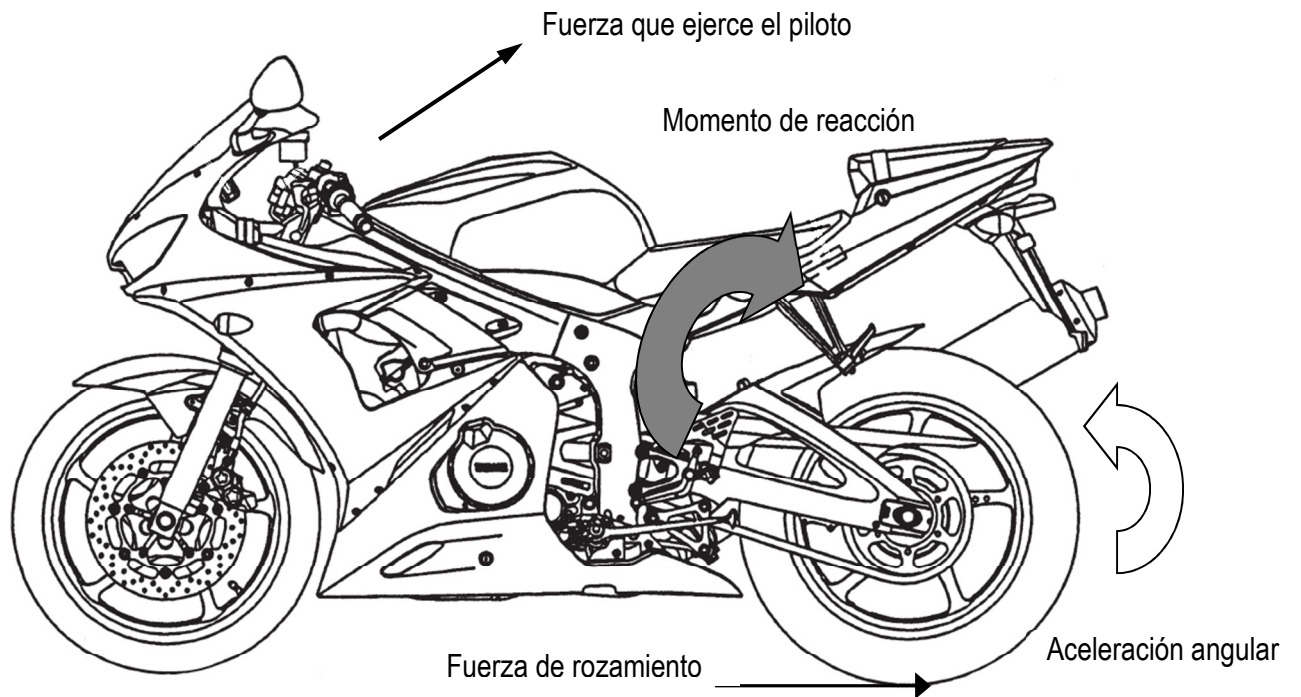
- Elevar el centro de gravedad, esto es fácil y se consigue si el piloto se levanta.
- Comprimir la suspensión trasera, pudiendo disminuir la precarga del amortiguador trasero y/o cargando todo el peso posible sobre la parte trasera, con lo que la distribución de masas cambiará y por lo tanto la línea que recorre el basculante.
- Y por último, modificando la relación de transmisión en la cadena, ya que cuanto mayor sea la corona y menor el piñón el punto obtenido será más cercano al 0%, además de contar con mayor par en la rueda trasera.

Por todos estos motivos se explica fácilmente el caballito por aceleración, ya que al acelerar se hunde el tren trasero y la fuerza de resistencia aerodinámica también actúa a favor, además si se coloca el cuerpo hacia atrás se facilitaría la maniobra.

Sin embargo, para el caballito mediante uso del embrague y aun teniendo estos factores en cuenta que son muy importantes también se ha de tener en cuenta lo siguiente.

Esta maniobra es un proceso complicado teniendo en cuenta que el embrague desliza para igualar las velocidades entre el motor y la caja de cambios. Sin embargo, sumando los factores anteriores, básicamente se basa en utilizar una rápida aceleración de la rueda, con el par que esto induce, sumado al par que entrega el motor y la fuerza que ejerce el piloto, aunque no es totalmente necesario, ya que la potencia de la motocicleta es suficiente para conseguirlo.

.

**Figura 4.11**

Como vamos a ver la aceleración angular que sufre la rueda trasera produce un par en el mismo eje que el de la rueda, el eje z, sumado al momento de reacción que ejerce la motocicleta y al momento que crea el piloto la motocicleta realiza la maniobra.

5. Homologación, normativa y legislación

En el siguiente apartado se exponen los criterios y pasos necesarios para homologar la maquina como atracción de feria o máquina recreativa. Existen diferentes normas en función de si la homologación es para atracción de feria o máquina recreativa. La homologación consiste en equiparar las características de una maquina o producto a las especificaciones demandadas por la normativa vigente. Además se necesita el marcado CE, que significa Conformidad Europea y es una marca europea para ciertos grupos de productos. Este marcado se exige, si el producto cumple las especificaciones de las Directivas Europeas aplicables para que el producto pueda venderse y/o ponerse en servicio legalmente dentro de los países de la Unión Europea

5.1 Atracción de feria

Las máquinas de feria deben ajustarse al **Real Decreto 338/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de la Infraestructura para la calidad y seguridad industrial, aprobado por el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre**, por el que se aprueba la norma **UNE 13814 “Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones”** Por lo tanto se ha realizado el diseño en función de ésta. Todos los documentos de diseño deben estar sujetos a inspección y revisión. El certificado será emitido por una entidad de inspección independiente de acuerdo con la norma Europea EN 45004 pertinente sólo se puede conceder una vez que la inspección haya sido superada. Los resultados de las diferentes inspecciones deben formar parte integral del libro de operaciones.

El procedimiento es el siguiente:

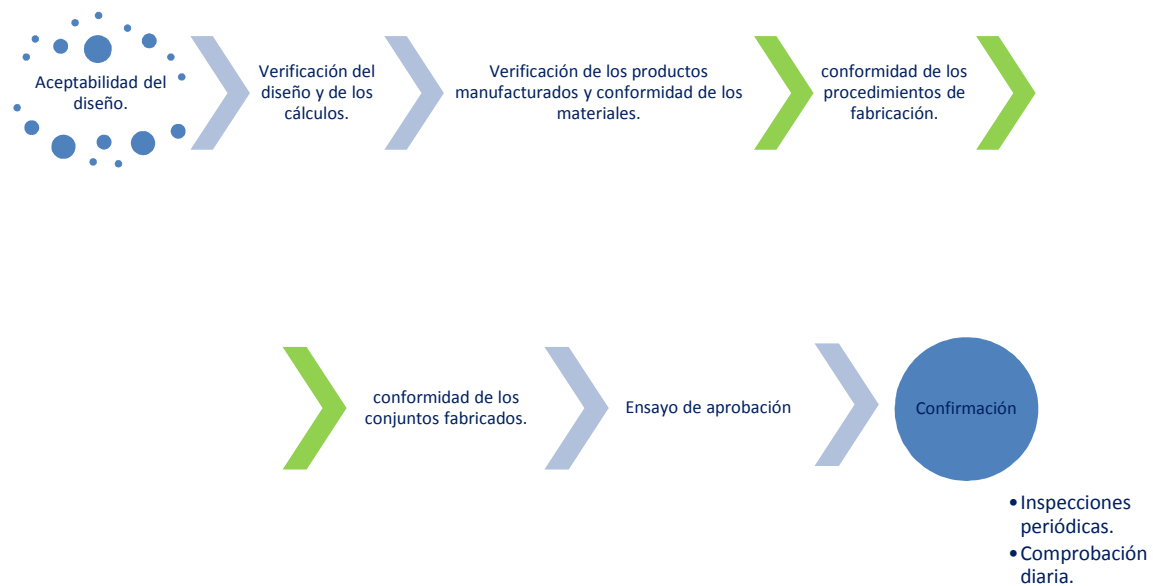


Figura 5.5.1

- Aceptabilidad del diseño.
- Verificación del diseño y de los cálculos.
- Verificación de los productos manufacturados y conformidad de los materiales.
 - conformidad de los procedimientos de fabricación.
 - conformidad de los conjuntos fabricados.
- Ensayo de aprobación.

Una vez aceptada la confirmación de aprobación por la entidad de aprobación independiente se deben realizar:

- Inspecciones periódicas (anuales).
- Comprobación diaria.

5.1.1. Aceptación del diseño.

Existen dos puntos que se han de cumplir y los cuales se han tenido en cuenta para el diseño de la atracción.

5.1.1.1. Revisión del diseño;

Los documentos de diseño deben ser revisados y comprobados para determinar la integridad y exactitud de los mismos, de los cálculos, coherencia con las normas e hipótesis. Además, este documento deberá proporcionar instrucciones de montaje y uso.

Los planos de fabricación deben reflejar todos los componentes estructurales y todos aquellos que formen parte de la seguridad o que cuya rotura o fallo pudiera ocasionar peligro. Siempre deben existir al menos:

- Planos generales en planta, alzados y secciones.
- Planos de detalle de todos los componentes estructurales que no se puedan identificar con claridad en los planos generales.

El análisis de tensiones de los componentes esenciales y críticos para la seguridad constarán como mínimo de los siguientes componentes si los hubiera:

- Partes estructurales y mecánicas.
- Partes hidráulicas y neumáticas.
- Unidades de accionamiento, cojinetes.
- Frenos y dispositivos de seguridad.

5.1.1.2. Inspección del proceso de fabricación;

La inspección de los requisitos de fabricación que se indican se debe realizar durante el proceso de fabricación. Esto debe quedar reflejado en un informe que, de una manera responsable, confirme la exactitud e idoneidad de los materiales empleados y el correcto montaje.

- a) Conformidad de las dimensiones principales, distancias y dimensiones de seguridad, así como el libre funcionamiento de las partes móviles.
- b) Existencia de todos los componentes estructurales indicados en los documentos de fabricación.
- c) Cumplimiento de las dimensiones mayores de los componentes de fabricación portantes y de sus uniones.
- d) Cumplimiento del peso en el que se han basado los cálculos realizados.
- e) Conformidad de los certificados requeridos concernientes a las especificaciones y a las calidades de los materiales.
- f) Conformidad de los equipamientos eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos con los diagramas de cableado y de circuito, incluyendo el software.
- g) Inspección de cojinetes, motores, unidades de accionamiento, unidades de control e interrupción y componentes similares, se requiere para, y se limita sólo a, los casos donde su fallo pueda ser peligroso para las personas.

5.1.2. Disposiciones previas a la entrega y el uso

Son necesarios varios documentos que se especifican a continuación para poder llevar a cabo el uso de la atracción y los cuales se adjuntan en los anexos correspondientes.

5.1.2.1. Libro de operaciones

El libro de operaciones correspondiente a la atracción debe identificar claramente la atracción y contener un resumen de los datos técnicos y de funcionamiento, el historial, los registros de todas las reparaciones, modificaciones, inspecciones, ensayos y verificaciones, y los informes detallados de todo esto, incluyendo un extracto de los documentos de diseño que proporcionan información para la identificación e inspección. El libro de operaciones debe estar disponible como un documento presente en cada lugar donde se monte la atracción. Todos los informes sobre las evaluaciones deben estar incluidos como entradas apropiadas en el libro de operaciones con el siguiente contenido:

- Descripción del diseño y del funcionamiento de la atracción.
- Planos para la identificación de las dimensiones importantes de la atracción.

- Marcados de identificación.
- identificación del fabricante.
- Lista de propietarios.
- Resumen y extracto de los documentos y datos técnicos principales.
- Condiciones y requisitos de funcionamiento y de utilización:
 - límites de velocidad.
 - limitaciones generales de uso de pasajeros.
 - limitaciones generales por tamaño o edad de los pasajeros.
 - referencia de la velocidad del viento especificada para la atracción.
 - restricciones por carga de nieve.
 - restricciones debidas a actividades sísmicas.
 - cualquier otro tipo de restricción que exista.
- Planos y fotografías del conjunto que muestren las dimensiones importantes a efectos de inspecciones y verificaciones.
- Resumen de los análisis de tensiones que muestren las fuerzas principales.
 - masas, viento, cimentación, todas las zonas de tensiones importantes etc.
- Informes de inspección y de aprobación, así como informes de cualquier otra comprobación.
- diagramas básicos de circuito del conjunto para los equipos o componentes eléctricos, hidráulicos o neumáticos.
- Planos que muestren las rutas de escape y sus dimensiones.
- Lista de la documentación perteneciente a la atracción.
- Informes de las comprobaciones, ensayos e inspecciones de carácter regular.
- Informes del mantenimiento realizados.
- Lista de inspecciones no destructivas.
- un registro de sucesos peligrosos y accidentes con lesiones graves;
- Todos los informes de inspección y aprobación, así como informes sobre otras inspecciones iniciales y ensayos.
- Inspección de fabricación.
- Declaración acerca de la autorización o del permiso de funcionamiento.
- La prolongación de la autorización o permiso de funcionamiento.

En el anexo 2 figura un ejemplo detallado del libro de operaciones.

5.1.2.2. Expediente técnico oficial

Para cada atracción se debe establecer un expediente técnico oficial que incluya los documentos de diseño con información detallada relativa al diseño, los cálculos, el método de fabricación, las instrucciones y la información relativa al funcionamiento y mantenimiento, y para las inspecciones a realizar por entidades de inspección independientes. El expediente oficial debe estar disponible para ser utilizado como una documentación registrada y obligatoria donde quiera que los reglamentos nacionales puedan requerirlo.

El expediente técnico oficial debe contener lo siguiente:

- Descripciones de diseño y de funcionamiento.
- Planos de diseño.
- Planos de detalle.
- Análisis de tensiones.
- Evaluación del riesgo de la atracción cuando está en funcionamiento.
- Informes de inspección y aprobación, así como los informes sobre las demás inspecciones.
- Diagramas de circuitos de los equipos o componentes eléctricos, de control, hidráulicos y neumáticos.
- Planos que muestren las rutas de escape y sus dimensiones.
- Todos los certificados sobre materiales, componentes y clases de incendios.
- Manual de funcionamiento o de instrucciones escrito en el idioma del usuario y del fabricante, que cubra el montaje y desmontaje de la atracción, su mantenimiento y funcionamiento, y una lista de las piezas que requieren sustitución periódica.
- Informes de inspección y aprobación iniciales, así como los informes sobre otras inspecciones iniciales y ensayos e inspecciones de funcionamiento.

5.1.2.3. Placa de identificación

Cada atracción debe llevar fijada una placa de identificación que muestre la siguiente información:

- a) nombre y dirección del fabricante/suministrador/importador.
- b) número de tipo/modelo.
- c) número del fabricante.
- d) mes y año de fabricación.
- e) fecha de la aprobación inicial.
- f) marca y número de aprobación por la entidad de inspección independiente.

g) carga de trabajo de seguridad/número de personas que puede transportar.

5.2 Máquina recreativa

Las máquinas recreativas y de azar deben ajustarse al **Real Decreto 2110/1998, de 2 octubre**, en el cual se determinan las diferentes normas a tener en cuenta dependiendo del tipo de máquina, a esto hay que sumarle el **Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas**. Por lo tanto, tendremos en cuenta estos reales decretos para diseñar la máquina recreativa y que pueda ser homologada.

Cada Comunidad tiene sus leyes en este ámbito, sin embargo, la Comunidad de Madrid, al igual que la mayoría de las Comunidades Autónomas en España, sobre las máquinas de tipo A sólo requieren los mismos requisitos que se piden a nivel nacional. Por lo tanto seguiremos las normas a nivel nacional.

5.2.1. Tipo de máquina recreativa

Lo primero es determinar el tipo de máquina en función de la clasificación definida en:

SECCIÓN I. MÁQUINAS DE TIPO A O RECREATIVAS. Artículo 4. Definiciones y régimen.

Este artículo se encuentra en la norma y podemos determinar que es una máquina del tipo A por ser:

- Máquina recreativa la cual se utiliza como de mero pasatiempo o recreo que se limitan a conceder al usuario un tiempo de uso o de juego a cambio del precio de la partida, sin que puedan conceder ningún tipo de premio en metálico, en especie o en forma de puntos canjeables por objetos o dinero.
- Esta máquina de tipo A ofrece como único aliciente adicional y por causa de la habilidad del jugador la posibilidad de continuar jugando por el mismo importe inicial en forma de prolongación de la propia partida o de otras adicionales, que en ningún caso podrá ser canjeada por dinero o especie

Por supuesto como se dice en la norma en ningún caso la máquina podrá herir la sensibilidad o perjudicar la formación del a infancia y de la juventud, ni transmitir mensajes contrarios a los derechos recogidos en la Constitución Española.

5.2.2. Registro de modelos

También tenemos que atender al **Artículo 15**. Registro de Modelos, es necesario inscribirlo en el “Registro de Modelos” ya que:

Es necesario homologarlo e inscribirlo en el Registro de Modelos para poder fabricarlo, comercializarlo o distribuirlo, instalarlo o explotarlo ya que la denominación es diferente a otros modelos ya inscritos.

5.2.3. Realización del registro

La inscripción en el Registro de Modelos únicamente dará fe respecto del hecho de la presentación de los documentos señalados en el **apartado 2 del artículo 16** y, en su caso, del depósito de los mismos, donde se determina que se deberá realizar una solicitud de homologación e inscripción en el Registro de Modelos que irá dirigida a la Comisión Nacional del Juego, mediante escrito que reúna los requisitos exigidos en el **artículo 70 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común**.

Además se deberá adjuntar la siguiente documentación:

- Una ficha, por triplicado, en modelo oficial, en la que figurarán:
- Fotografía nítida y en color, del exterior de la máquina.
- Nombre comercial del modelo.
- Nombre del fabricante e importador, número de inscripción en el Registro de Empresas.
- Dimensiones de la máquina.
- Memoria descriptiva del juego o juegos.
- Planos de la máquina y de su sistema eléctrico, todo ello en ejemplar duplicado.
- Declaración CE de conformidad, de acuerdo con la normativa vigente en la materia.

5.2.4. Conformidad de la UE

Para obtener la conformidad para la comercialización y puesta en servicio es necesario registrarse según el **Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre**. En este Real Decreto se indican todos los pasos necesarios del **CAPÍTULO II. COMERCIALIZACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO**. Se seguirán los siguientes pasos:

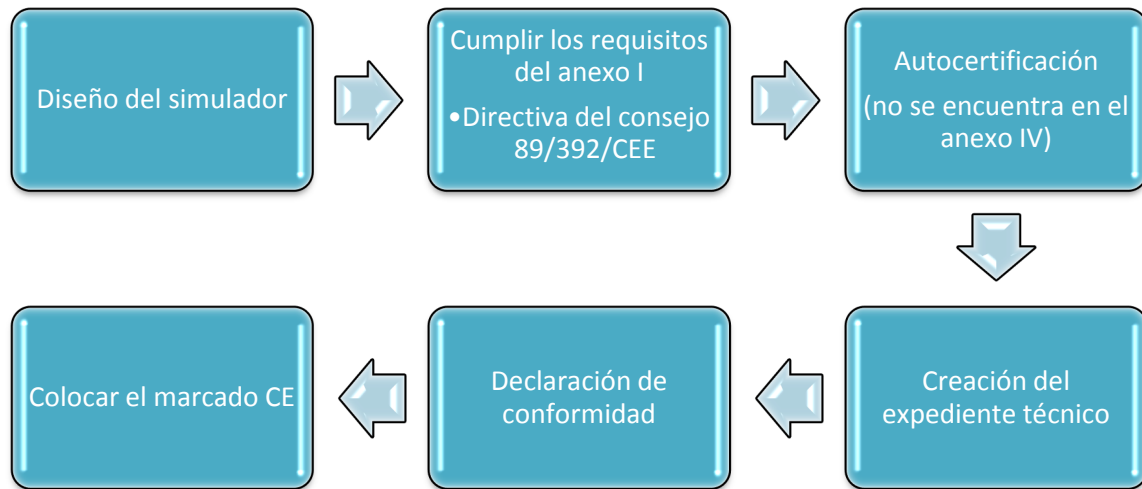


Figura 5.2

Donde los puntos más importantes son:

- Asegurarse de que la máquina recreativa cumple los pertinentes requisitos esenciales de seguridad y de salud que figuran en el anexo I de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Al no encontrarse en el anexo IV se puede auto certificar.
- Crear un expediente técnico de la máquina.
- Redactar la declaración CE de conformidad, con arreglo al anexo II, parte 1, sección A, y asegurarse de que dicha declaración se adjunta a la máquina.
- Colocar el marcado CE.

5.2.5. Diseño en función de la legislación vigente

Primero se determinaran los dispositivos necesarios para asegurar la seguridad mediante el anexo I. De tal forma dispondremos en la máquina los siguientes sistemas de seguridad.

- Un limitador de inclinación de la motocicleta.
- Una delimitación física por delante, por detrás y lateralmente de la máquina para que no pueda existir el peligro de que otras personas se encuentren en el lugar en el momento de la utilización de la máquina.
- Un sistema de contención para que la persona que esté realizando la maniobra no pueda precipitarse hacia atrás.
- Sistema de lonas laterales y frontales para impedir la entrada de cualquier material o parte debajo de la máquina.

- Se dispondrá de carteles informativos del funcionamiento y peligros existentes en la utilización de la máquina de una forma clara y con todo detalle.

Todo el material eléctrico cumplirá la Directiva 73/23/CEE (incorporada al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 7/1998, de 8 de enero).

6. Diseño de componentes

El diseño se ha realizado con el objetivo de adaptar el simulador a una máquina de atracción de feria, ya que teniendo en cuenta las dos diferentes posibilidades, la menor inversión y por lo tanto una amortización más rápida de la máquina de feria resulta la opción más interesante.

La atracción contará con los siguientes componentes:

1. Estructura
2. Sistema de sujeción
3. Dinamómetro
4. Sistema de frenado neumático
5. Arnés de seguridad
6. Motocicleta
7. Sistema de refrigeración
8. Sistemas anexos
 - a. Colchoneta de seguridad
9. Sistema eléctrico
 - a. Conexión a la red
 - b. Grupo de apoyo
 - c. Alumbrado

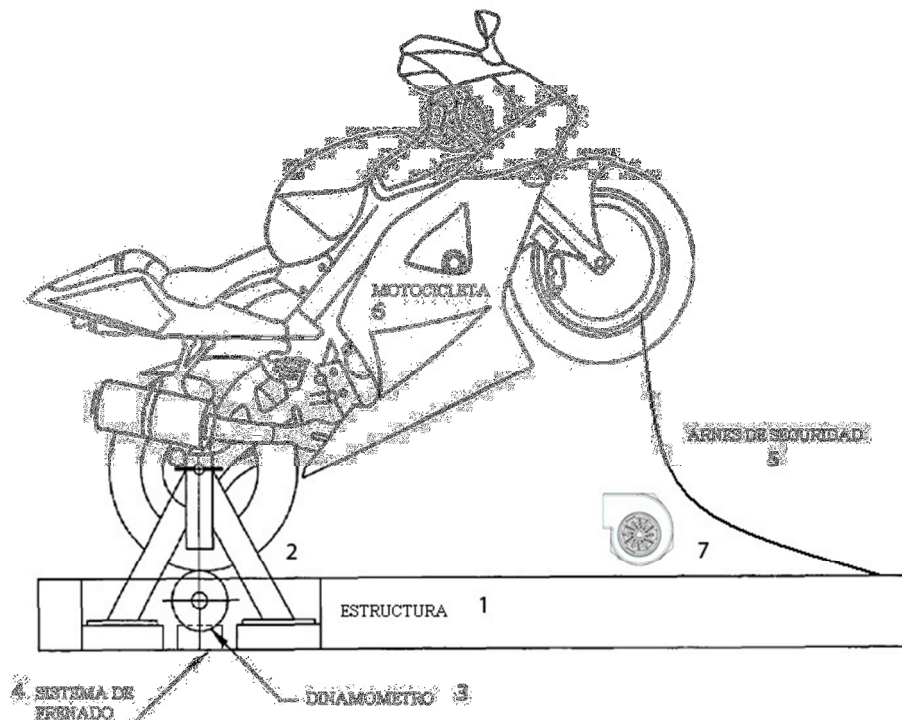


Figura 6.1

Con el fin de abaratar la construcción y facilitar el diseño se han utilizado ciertos componentes ya comercializados, tales como:

- Rodillo de inercia
- Sistema neumático
- Sistema de Alumbrado y eléctrico
- Motocicleta

Además ha sido necesario otros de construcción propia como:

- La estructura
- Sistema de sujeción

6.1 Motocicleta

Se ha elegido una motocicleta deportiva de la marca Yamaha de 600 c.c. del año 2007 (Fig. 7.1), ya que es lo suficientemente barata y una deportiva de gran belleza con rasgos y características atractivas para el público en general como puede ser su sonido. Además, tiene unas buenas características mecánicas, por su motor potente y su bajo peso. A esta motocicleta se le instalará un el sistema de corte de corriente controlado por un operador externo por la seguridad del ocupante. Además se colocará más aceite en el cárter para que conseguir que la bomba no se quede sin aceite en la maniobra y pueda producir una grave avería. También se modificará la relación de transmisión haciendo más fácil la maniobra para el público menos experto.



Figura 6.2

En las pruebas realizadas en la revista especializada Motociclismo N° 2.141 se encuentran las siguientes características y gráficas:

Tabla 6.1

| Motor | |
|----------------------------|---|
| Tipo de motor: | 4T, tetracilíndrico en línea, 16 válvulas |
| Diámetro x carrera: | 67 x 42,5 mm |
| Cilindrada: | 599 cc |
| Potencia máxima declarada: | 110 CV a 14.500 rpm |
| Par máximo declarado: | 5.5 kgm a 12.000 rpm |
| Alimentación: | Inyección electrónica |
| Chasis | |
| Tipo de chasis: | Doble viga de aluminio |

| Ruedas | |
|---------------------------|---------------|
| Rueda delantera. Llanta: | 120/70-17" |
| Rueda trasera. Llanta: | 180/55-17" |
| Dimensiones | |
| Distancia entre ejes: | 1.400 mm |
| Peso | |
| Peso verificado seco: | 176 kg |
| Peso verificado lleno: | 190 kg |
| Transmisión | |
| Reducción primaria | 1.863 |
| Reducción final | 2.8 |
| Relación de engranajes 1ª | 2.928 |
| Relación de engranajes 2ª | 2.062 |
| Relación de engranajes 3ª | 1.647 |
| Relación de engranajes 4ª | 1.347 |
| Relación de engranajes 4ª | 1.2 |
| Relación de engranajes 4ª | 1.086 |
| Prestaciones | |
| Aceleración de 0-100 Km/h | 4.65 segundos |
| Velocidad máxima | 266 Km/h |

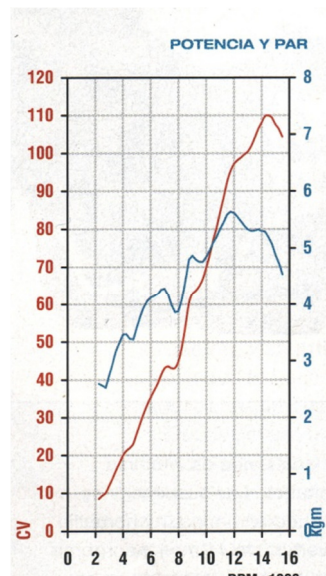


Figura 6.3

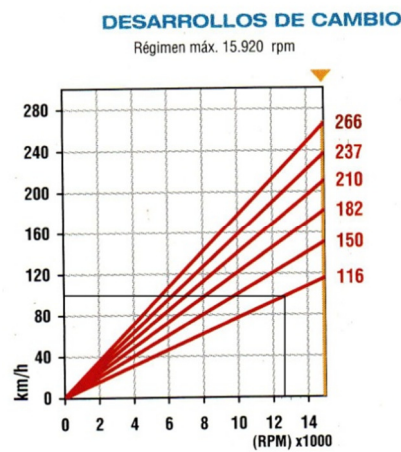


Figura 6.4

Conociendo las prestaciones y todas las características mecánicas, se obtendrá la aceleración de la rueda, mediante el tiempo que la motocicleta necesita para acelerar de 0 a 100 km/h en primera velocidad, las revoluciones por minuto a esa velocidad, como se observa la figura 6.4, y las relaciones de transmisión. Dichos datos se utilizan para determinar las velocidades y aceleraciones del rodillo utilizando la relación de transmisión entre ambos, que es la relación entre sus perímetros. Además se supone que no existe deslizamiento alguno entre la rueda y el rodillo. Conociendo las prestaciones y todas las características mecánicas, como son las aceleraciones de transmisión se ha determinado la aceleración y velocidad de la rueda.

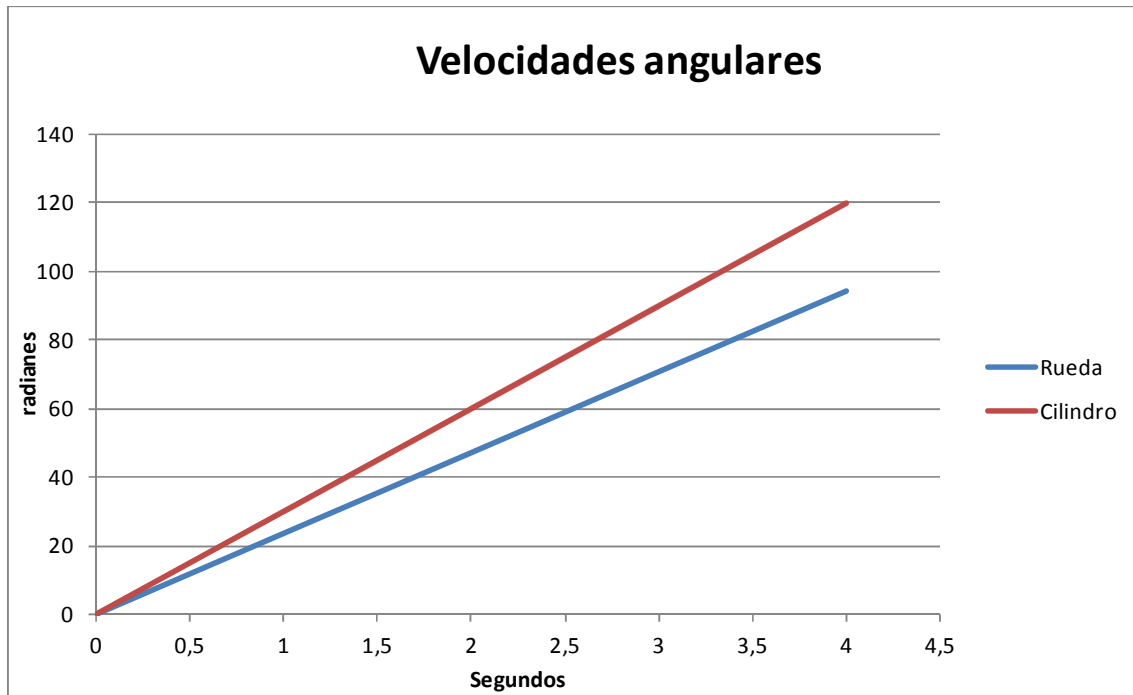


Figura 6.5

La aceleración de la rueda es $26,33 \text{ rad/s}^2$. Para conocer el momento de inercia de la rueda se ha estimado apropiada la aproximación de la rueda a un paraboloide de masa homogénea, de esta manera el momento de inercia de la rueda es $0,88 \text{ kgm}^2$. Con estos datos se han determinado los momentos que genera esta debido a la aceleración, mediante el Teorema del Momento Cinético:

$$M_p = \sum M = I \cdot \alpha + w \times ([I] \times w)$$

Ecuación 6.1

$$[I] \cdot w = \begin{pmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_r \end{pmatrix} = I_z w_r$$

$$w \times ([I] \cdot w) = \begin{pmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & w_r \\ 0 & 0 & I_z w_r \end{pmatrix} = 0$$

$$\sum M = I \cdot \alpha_r = \begin{pmatrix} M_x = I_x \cdot \alpha_x \\ M_y = I_y \cdot \alpha_y \\ M_z = I_z \cdot \alpha_z \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} M_x = I_x \cdot 0 \\ M_y = I_y \cdot 0 \\ M_z = I_z \cdot \alpha_z \end{pmatrix} \longrightarrow M_z = I_z \cdot \alpha_z = 0,88 \cdot 26,33 = 23,17 \text{ Nm}$$

Donde,

- I = Inercia de la rueda (kgm^2)
- w = Velocidad angular de la rueda (rad/s)
- α = Aceleración angular de la rueda (rad/s^2)
- M = Momentos (N/m)

6.2 Dinamómetro

Para este componente se ha utilizado un banco de potencia de la marca Dinojet 2501 por sus características, ya que puede medir hasta una potencia muy alta, 500cv, igual que sucede con el par, y una velocidad máxima muy elevada. Todo esto en un rango muy grande de temperaturas. Las características técnicas del dinamómetro se encuentran en la tabla 6.2. Además incorpora los ventiladores volumétricos necesarios para la refrigeración del motor de la motocicleta y el freno neumático.



Figura 6.6

Por lo tanto, además de utilizarlo como máquina de atracción podemos utilizarlo como un banco de potencia y aprovechar la inversión de un aparato de estas cualidades. Se adjuntan las características en la siguiente tabla:

Tabla 6.2

| DIMENSIONES | |
|-----------------------------|-------------|
| Longitud de la base | 202.8 cm |
| Ancho de la base | 108.0 cm |
| Alto de la base | 45.9 cm |
| Diámetro del cilindro | 38.85 cm |
| Concentricidad del cilindro | +/-0.025 mm |
| Máxima diámetro de rueda | 213.4 cm |

| PESO | |
|--|-----------------|
| Dinamómetro | 725 Kg (aprox.) |
| Bancada del dinamómetro | 771 Kg (aprox.) |
| Cilindro del dinamómetro | 397 Kg |
| ESPECIFICACIONES | |
| Potencia máxima | 500 cv |
| Velocidad máxima | 322 km/h |
| Par máximo | 500 ft/lb |
| Rango de temperaturas de funcionamiento | 0°C de 70°C |

Al ser un banco de potencia modulable, se ha utilizado el cilindro junto con su bastidor, el freno neumático y el sistema de refrigeración.

A continuación se realizará una explicación para poder entender convenientemente el funcionamiento de la atracción, para ello, primero se explicará el funcionamiento y base de los dinamómetros de inercia. Se detallará el proceso matemático para el cálculo de la inercia rotatoria de los rodillos, y en base a esta se podrá calcular la potencia generada por el vehículo en el momento de la prueba.

Un dinamómetro de inercia, mide la capacidad de una moto para acelerar una inercia rotatoria conocida a partir incremento de la velocidad inicial. Esta es toda la información que se tiene para poder calcular la potencia que el motor produce durante ese periodo de tiempo, dado que la velocidad angular del motor puede ser un dato conocido. Puesto que el gran número de datos registrados pueden representarse como una curva alisada del par y las revoluciones y de la potencia contra las revoluciones.

Partimos con la Segunda Ley de Newton que está dada por la ecuación:

$$F = m \cdot a$$

Ecuación 6.2

Donde el par (M) es igual a el momento de inercia (I) por la aceleración angular (α). Para hallar la inercia del cilindro nos podemos basar en la siguiente ecuación (6.3), donde es necesario conocer el radio exterior (R) y el radio interior (r) y la masa del cilindro (m). Todos estos datos los podemos encontrar en la tabla 6.2

$$I_{cilindroz} = \frac{1}{2}m(R^2 - r^2) = \frac{1}{2}725(0.4572^2 - 0.3885^2) = 5.27 \text{ Kg}m^2$$

Ecuación 6.3

Si se conoce el momento de inercia del cilindro y se puede determinar como de rápido cambia la velocidad angular (w) de los rodillos de un tiempo a otro, y por lo tanto se conoce el par (M) que se aplica a los rodillos durante ese periodo de tiempo.

Para calcular la potencia (P) aplicada por el motor se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$P = M \cdot \omega$$

Ecuación 6.4

6.2.1. Cilindro

El conjunto del cilindro y freno neumático se ha instalado en la estructura pero es necesario tener en cuenta además del peso los momentos que crea el cilindro en sus aceleraciones.

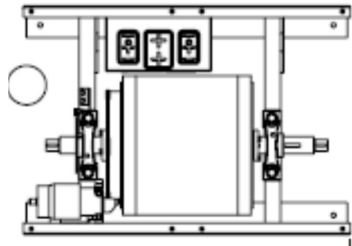


Figura 6.7

La aceleración del cilindro es 38.5 rad/s^2 , el momento de inercia del cilindro es $5,27 \text{ kgm}^2$ y mediante la ecuación 6.5 obtenemos:

$$[I] \cdot w = \begin{pmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_r \end{pmatrix} = I_z w_r$$

Ecuación 6.5

$$wx([I] \cdot w) = \begin{pmatrix} i & j & k \\ 0 & 0 & w_r \\ 0 & 0 & I_z w_r \end{pmatrix} = 0$$

$$\sum M = I \cdot \alpha_r = \begin{pmatrix} M_x = I_x \cdot \alpha_x \\ M_y = I_y \cdot \alpha_y \\ M_z = I_z \cdot \alpha_z \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} M_x = I_x \cdot 0 \\ M_y = I_y \cdot 0 \\ M_z = I_z \cdot \alpha_z \end{pmatrix} \longrightarrow M_z = I_z \cdot \alpha_z = 5.27 \cdot 38.5 = 202.895 \text{ Nm}$$

Donde,

- I = Inercia de la rueda (kgm^2)
- w = Velocidad angular de la rueda (rad/s)
- α = Aceleración angular de la rueda (rad/s^2)
- M = Momentos (N/m)

6.2.2. Sistema de frenado

El disco de freno se utiliza para conseguir el momento necesario en la maniobra, o frenar el cilindro rápidamente si fuera necesario, éste se encuentra frenado por una pinza de freno convencional. La pinza de freno está anclada a la estructura y es accionada mediante un circuito neumático con un regulador de presión.

En la tabla 6.3 se detallan las características del disco de freno, las pastillas de freno y el cilindro neumático

Tabla 6.3

| Cilindro neumático | |
|--|-------------------|
| Radio exterior | 0,4572 milímetros |
| Radio interior | 0,3855 milímetros |
| Disco de freno | |
| Radio exterior | 281 milímetros |
| Radio interior | 166,5 milímetros |
| Grosor | 18,38 milímetros |
| Pastillas de freno | |
| Radio exterior de la pastilla | 0,14 metros |
| Radio interior de la pastilla | 0,0828 metros |
| Ángulo que abarca la pastilla de freno | 30° |
| Coefficiente de rozamiento | 0,8 |
| Diámetro del Cilindro hidráulico | 0,08 |

6.2.2.1. Cálculo de la potencia de frenado

Conociendo la potencia de la motocicleta podemos determinar el momento que debe realizar el freno para que el cilindro simule la realidad y así poder practicar y divertirse con la máxima veracidad posible. Se determinará el momento de inercia necesaria para nuestra motocicleta, sin embargo, estos cálculos son válidos, con los correspondientes cambios de datos para cualquier motocicleta. Primero con la potencia de la motocicleta determinaremos el par mediante la ecuación:

$$M = P / \omega_{mot} = \frac{70560}{179} = 394 Nm$$

Ecuación 6.6

Se conoce además de la velocidad final, la potencia y las revoluciones, la relación de transmisión total en primera velocidad, con lo que se conoce la aceleración de la rueda y por tanto la aceleración del cilindro (α) (Figura 6.5). Una vez se ha hallado esta aceleración determinamos el momento de inercia (I_b) necesario para esta motocicleta.

$$I_{tot} = M / \alpha = \frac{394}{38.5} = 10.24 kgm^2$$

Ecuación 6.7

El momento de inercia que se ha hallado es el total que generaría la motocicleta en la aceleración en primera velocidad desde cero hasta las máximas revoluciones que alcanza el motor, por lo tanto para conocer la inercia que ha de absorber el disco para igualar a la realidad, primero se ha de restar los momentos de inercia de todas las partes que intervienen en el proceso como son las del cilindro (I_{zc}) y el disco de freno (I_{zd}).

$$I_{freno} = I_{tot} - I_{zc} - I_{zd} = 10.24 - 5.27 - 0.058 = 4.91 kgm^2$$

Ecuación 6.8

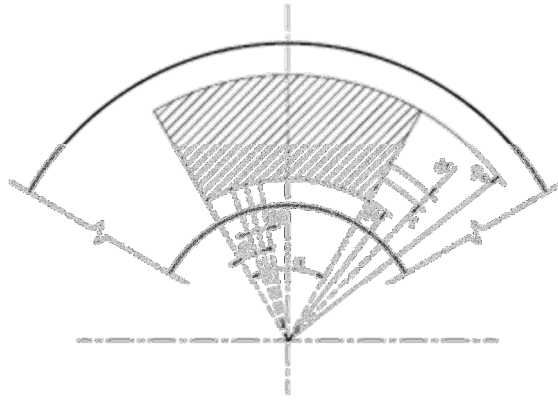
Una vez se ha determinado el momento de inercia (I_{freno}) se ha de determinar el par de frenado (P_f) que deberían ejercer las pastillas para compensar la inercia de frenado necesaria.

$$P_f = I_f \cdot \alpha_f$$

$$P_f = 4.02 \cdot 38.5 = 154.92 Nm$$

Ecuación 6.9

Ahora mediante la ecuación 6.10 obtenida en el siguiente desarrollo:

**Figura 6.8**

Presión en la pastilla:

$$p = \frac{\frac{\pi d^2}{4} p_h}{\frac{\alpha(R_e^2 - R_i^2)}{2}} = \frac{\pi d^2 p_h}{2\alpha(R_e^2 - R_i^2)}$$

Ecuación 6.10

Se despeja presión neumática (P_h) y mediante las características de la pastilla de freno (tabla 6.3) se determina la presión neumática necesaria, ya que existe una relación directa entre el par de frenado de las pastillas de freno (P_f) y la presión neumática (P_h). Hay que destacar que esta ecuación sólo relaciona una pastilla, por lo que el par de frenado, al tener dos pastillas, se vería reducido a la mitad, quedándose en 77.46 Nm

$$P_h = \frac{3P_f \cdot (R_e^3 - R_i^3)}{\pi \cdot \mu \cdot d_{ch}^2 \cdot (R_e^2 - R_i^2)} = 4.88 \cdot 10^5 Pa$$

$$P_h = 4.82 Bar$$

Ecuación 6.11

Donde,

- P_h = Presión hidráulica (Pa)
- P_f = Par de frenado de las pastillas de freno (Nm²)
- R_e = Radio exterior de la pastilla (m)
- R_i = Radio interior de la pastilla (m)
- α = ángulo que abarca la pastilla de freno (°)
- μ = Coeficiente de rozamiento
- d_{ch} = Diámetro del Cilindro hidráulico (m)

6.2.2.2. Sistema neumático

En este apartado se especificaran los componentes del sistema neumático que se han de dimensionar y comprobar para el buen funcionamiento y cumplimiento siguiendo los requisitos normativos de la norma UNE 13814:2006 Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones.

Al necesitar al menos 4 bar, se ha elegido un compresor con una presión máxima de 15 bar, por lo tanto y según la norma UNE 13814:2006 es necesario que las mangueras puedan soportar al menos cinco veces la presión máxima admisible, al ser la presión máxima del compresor son 15 bar, se ha elegido la manguera Euroair 1240 porque soporta sin problemas 5 veces la presión máxima (75bar) y hasta 120 bar. Se instalarán de forma que eviten las curvas cerradas y rozamientos o atrapamiento. Esta manguera tipo SJT tiene un rango de temperaturas de funcionamiento entre -10° C y 85°. El tubo interior es de caucho CR negro y tiene un refuerzo de trenza metálica de alta tenacidad.



Figura 6.9

Además se contará con una válvula de descarga de presión colocada entre la bomba y la válvula antirretorno que incorpora el compresor. La válvula de descarga de presión se tarará a una presión de no más del 10% por encima de la presión máxima normal de trabajo y nunca por debajo de la presión de trabajo necesaria. En nuestro caso será tarada a 4.4 bar.



Figura 6.10

El compresor neumático (fig. 6.9) para obtener la presión necesaria en el freno del banco de potencia. Este compresor es de pistón con una potencia de 1.5 kW y montado en un depósito de 50 l de capacidad. Es de la marca BOGE, por ser una marca de renombre y ofrecernos un precio competitivo y las siguientes características:

Tabla 6.4

| BOGE | Capacidad del depósito | Caudal volumétrico de aspiración | Velocidad de rotación del compresor | No de cilindros | Motor | | Dimensiones ancho x fondo x alto | Conexión aire comprimido | Peso |
|-------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-----|----------------------------------|--------------------------|------|
| Tipo | Litros | l/min m3/h | min-1 | | kW | CV | mm | | kg |
| SBMD 250/50 | 50 | 15,0 | 1450 | 2 | 1,5 | 2,0 | 850x350x705 | G 3/8 | 63 |

6.2.2.3. C. Esquema de la instalación neumática

El esquema neumático (Figura 6.10) es relativamente simple ya que solo consta del compresor, el regulador de presión, válvula de descarga y el cilindro neumático que acciona las pastillas de freno.

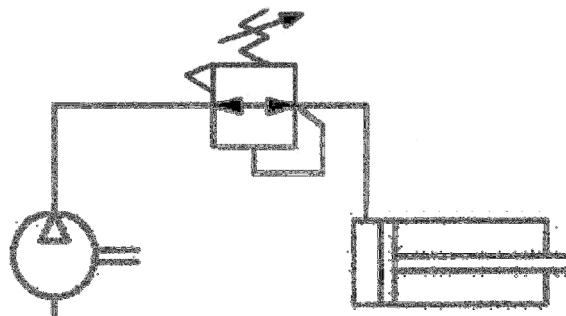


Figura 6.11

6.3 Sistema de sujeción

Todo el conjunto de la motocicleta y piloto crea fuerzas y momentos que se analizarán más adelante, siendo de gran importancia crear una estructura lo suficientemente rígida y fuerte como para sostenerlo y adsorber los esfuerzos, sin interponerse en la maniobra del simulador.

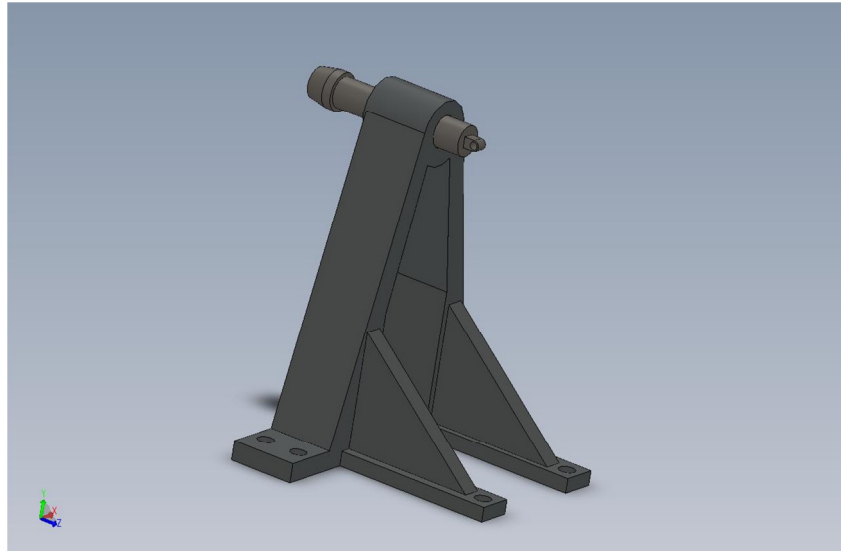
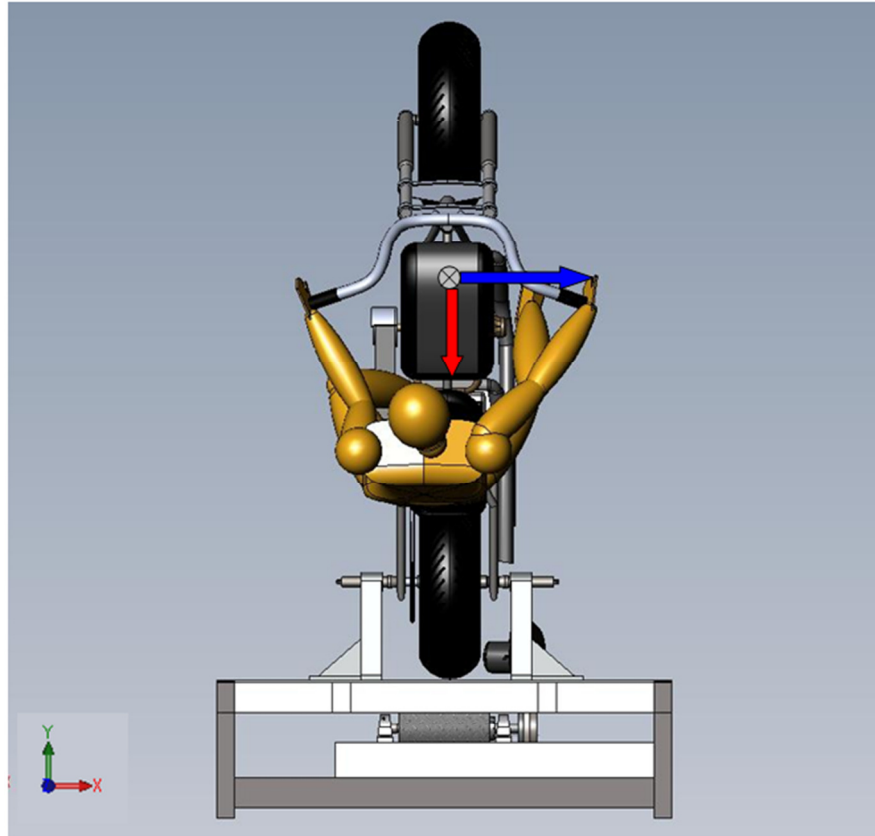


Figura 6.12

Esta estructura soporta el peso de la motocicleta: los momentos al realizar la maniobra y los momentos de la rueda en su aceleración. Se ha supuesto unas cargas mayores que las máximas que se podrían alcanzar, ya que se considera que todo el peso de la persona y la motocicleta son sujetados por esta estructura, al igual que los momentos laterales que pudieran aparecer cuando la persona realiza la maniobra. Los momentos se han hallado con la motocicleta a noventa grados y el centro de gravedad a un metro y 20 centímetros del centro de la rueda trasera de la motocicleta, de esta manera mayoramos las cargas que soporta el sistema de sujeción. Sin embargo la atracción tiene un sistema de seguridad para no sobrepasar los 75 grados, ya que podría resultar peligroso para el piloto y además al sobrepasar aproximadamente este valor la motocicleta volcaría.

**Figura 6.13**

Por lo tanto las cargas a tener en cuenta sobre el sistema de sujeción son las siguientes:

Un peso total en dirección vertical y hacia abajo de 3,4 kN debido al peso de la motocicleta y el pasajero y un momento lateral de 4,08 kNm como podemos ver en el siguiente esquema. Estas cargas se reparten entre las dos estructuras de forma igualitaria por lo tanto las cargas por cada sistema de sujeción es la mitad, 1.7 kN de peso y 2.04 kNm de momento.

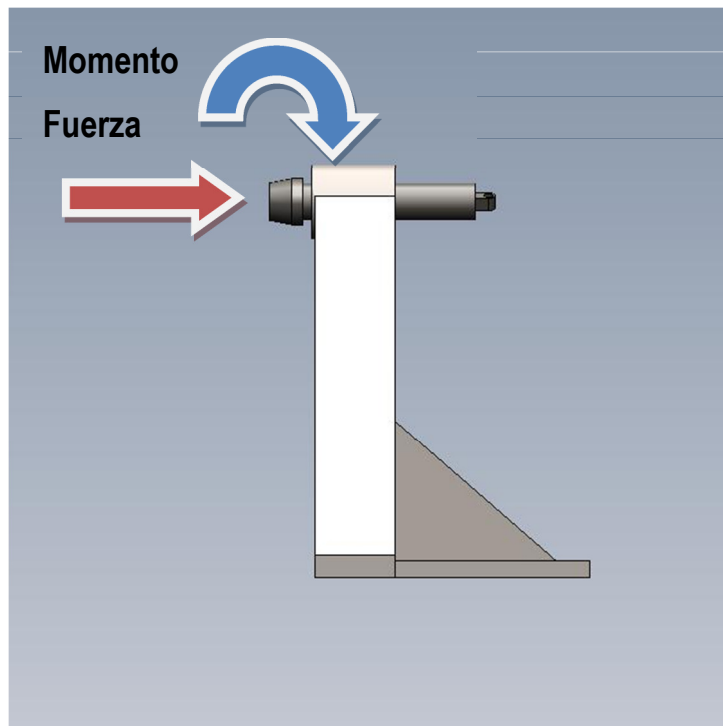


Figura 6.14

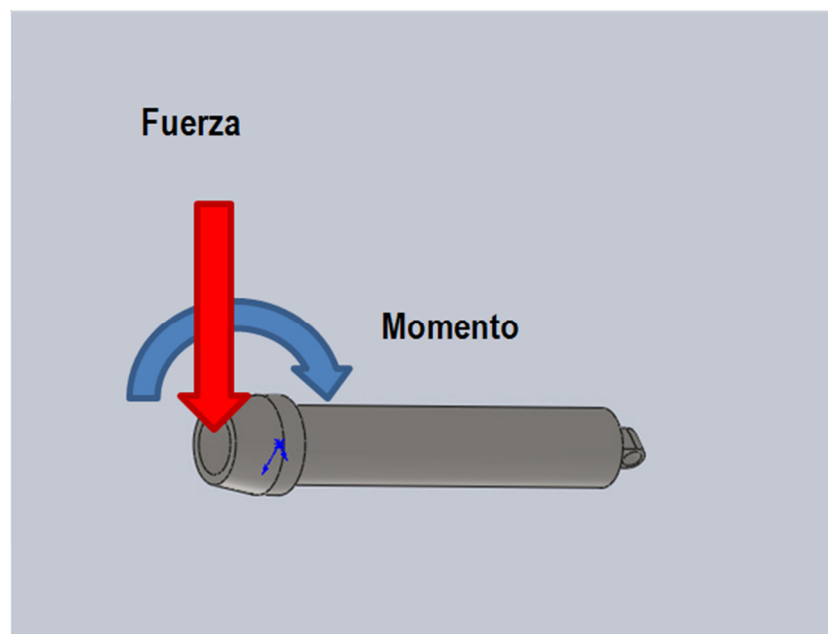


Figura 6.15

En el cálculo de la resistencia y desplazamiento de los diferentes componentes se ha utilizado el programa Solidworks 2010, donde se ha utilizado el mallado automático del programa dado la simplicidad de las piezas, la cual se especifica para cada caso más adelante. Para este caso se obtiene las siguientes imágenes y resultados:

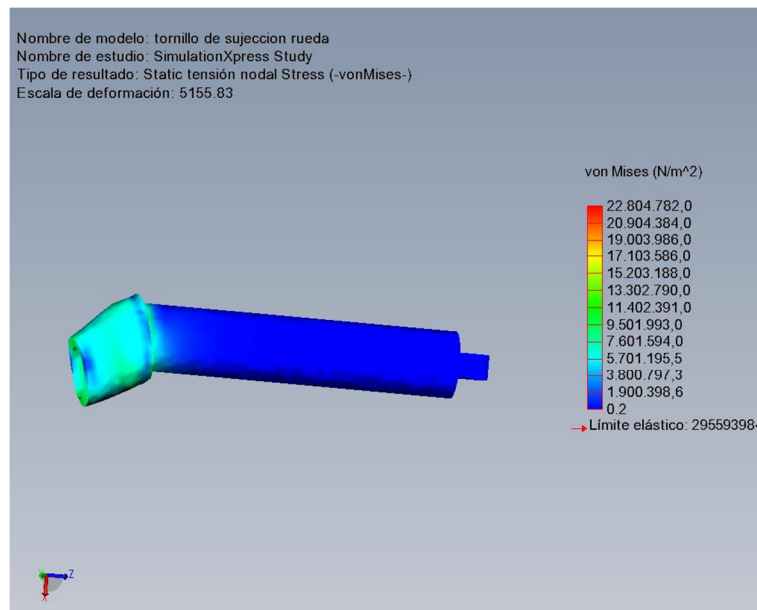


Figura 6.16

Donde se observa que la pieza resiste y además el programa estima que el coeficiente de rotura es casi de 13. En la siguiente imagen se especifican los desplazamientos de la pieza.

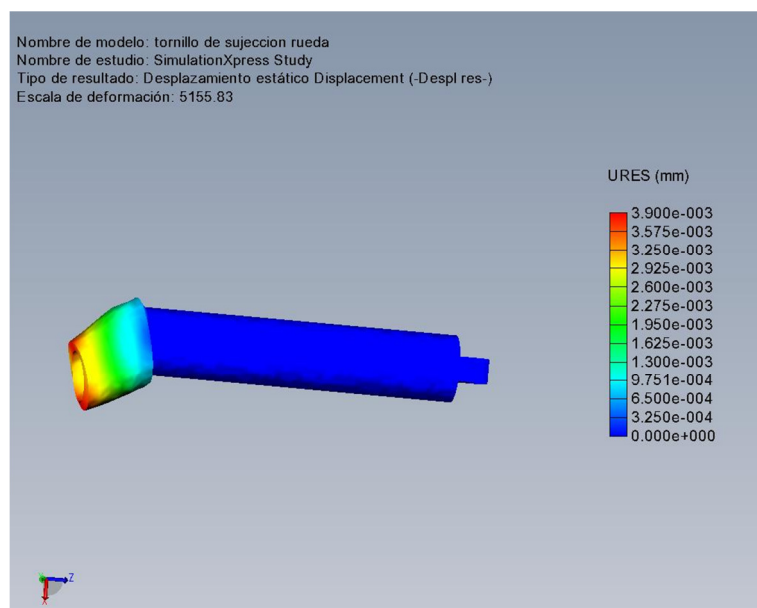


Figura 6.17

Se extrae que el desplazamiento es de 0.0039 y que la pieza tiene un diseño adecuado. A continuación se detallan los valores de la malla utilizada

Tabla 6.5

| Información de malla | |
|----------------------|----------------|
| Tipo de malla: | Malla sólida |
| Mallado utilizado: | Malla estándar |
| Tamaño de elementos: | 5.2673 mm |
| Tolerancia: | 0.26337 mm |
| Calidad: | Alta |
| Número de elementos: | 6876 |
| Número de nodos: | 10951 |

Al estar unidas estas piezas (Figura 6.13), los esfuerzos son los mismos para ambas, pero aplicados en sus correspondientes lugares, como se puede ver a continuación.

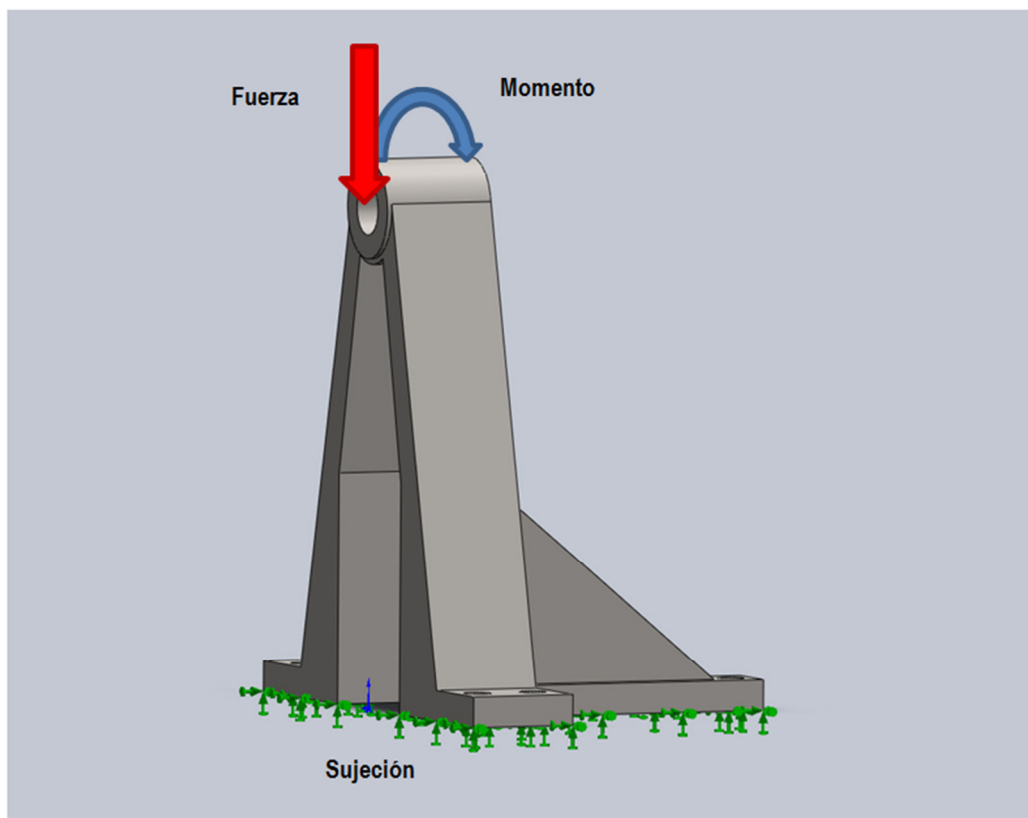


Figura 6.18

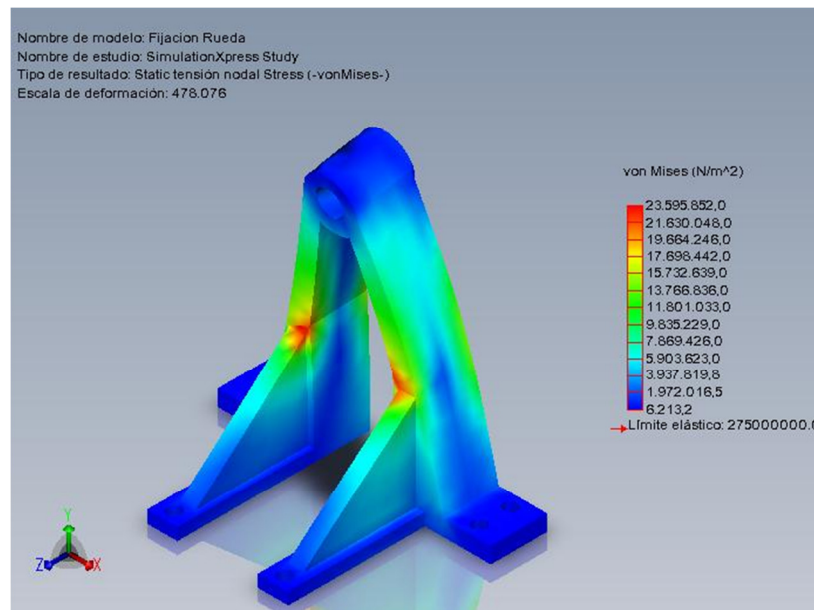


Figura 6.19

Se observa que ningún punto llega al límite elástico y el coeficiente de seguridad es mayor a 11 en el punto más crítico. En la siguiente imagen se detallan los desplazamientos que existirían.

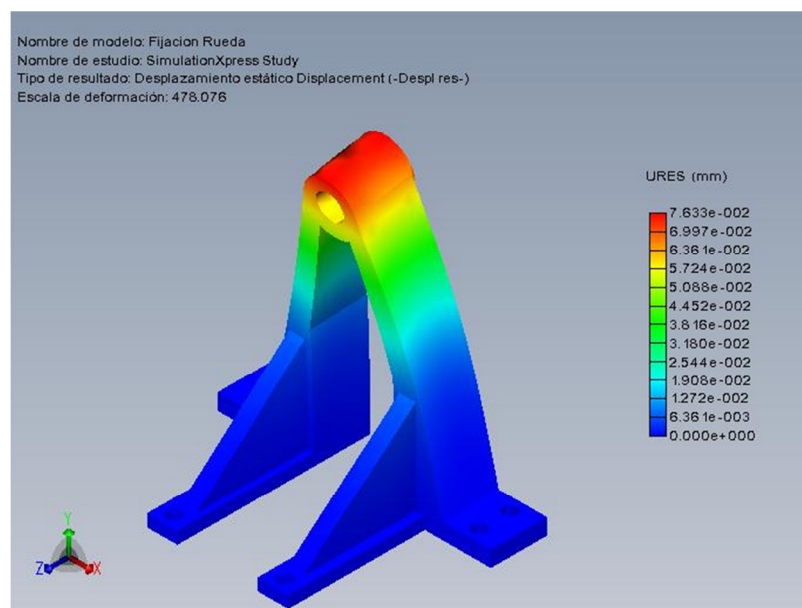


Figura 6.20

Aún en el punto de máximo desplazamiento este es 0,07633 milímetros, por lo tanto se puede afirmar que el diseño es válido y seguro, además se detallan los valores acerca de la malla en la siguiente tabla.

Tabla 6.6

| Información de malla | |
|----------------------|----------------|
| Tipo de malla: | Malla sólida |
| Mallado utilizado: | Malla estándar |
| Tamaño de elementos: | 25.572 mm |
| Tolerancia: | 1.2786 mm |
| Calidad: | Alta |
| Número de elementos: | 2225 |
| Número de nodos: | 4472 |

6.4 Estructura

Según la norma UNE 13814 únicamente se pueden utilizar materiales cuyos datos se encuentren recogidos en las normas europeas sobre construcción. Por lo tanto se ha elegido un tubo rectangular de acero S 275 que nos proporciona una empresa reconocida.

La estructura se ha basado en tubos de sección rectangular de 100x60 milímetros, y ésta soporta el cilindro, todos los componentes adicionales que son necesarios para el buen funcionamiento y la plataforma. Las medidas y especificaciones se pueden ver en el anexo de planos.



Figura 6.21

En la zona inferior se aloja el cilindro y el sistema de frenado. En el apartado 6.3 se especificaron los esfuerzos que crea el cilindro (momento de 202.895 Nm en el eje z) y el peso total (7.700 N).

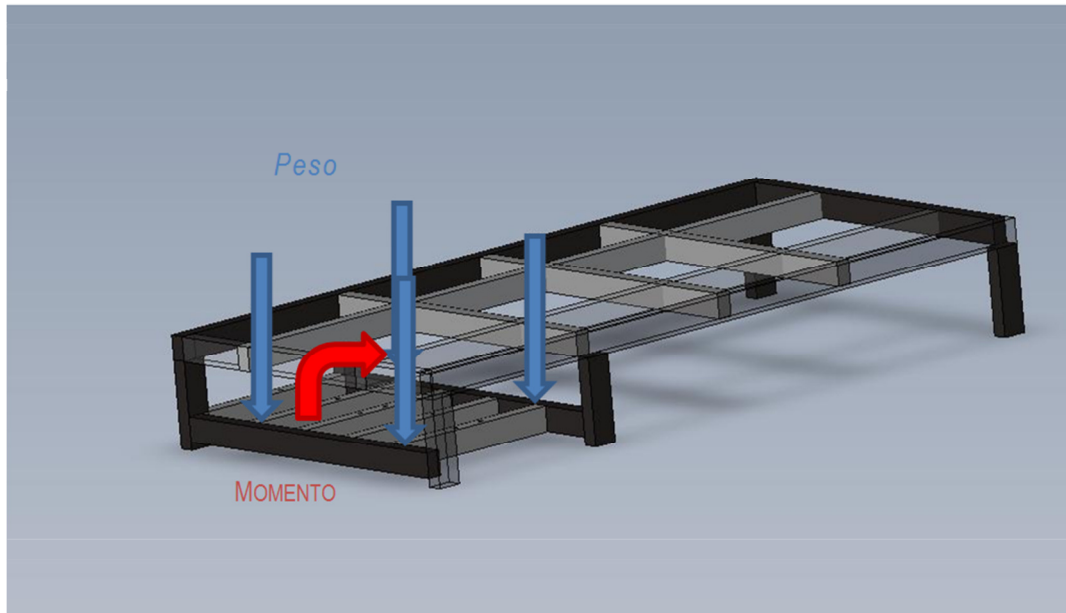


Figura 6.22

Además es necesario tener en cuenta la motocicleta y el pasajero que se supondrá que ejercen todo su peso 3.400 N, más el peso del cilindro por lo tanto un total de 11.100 N verticales. Se observa en la figura 6.21 la subestructura donde se aloja el cilindro y todos los componentes del sistema.

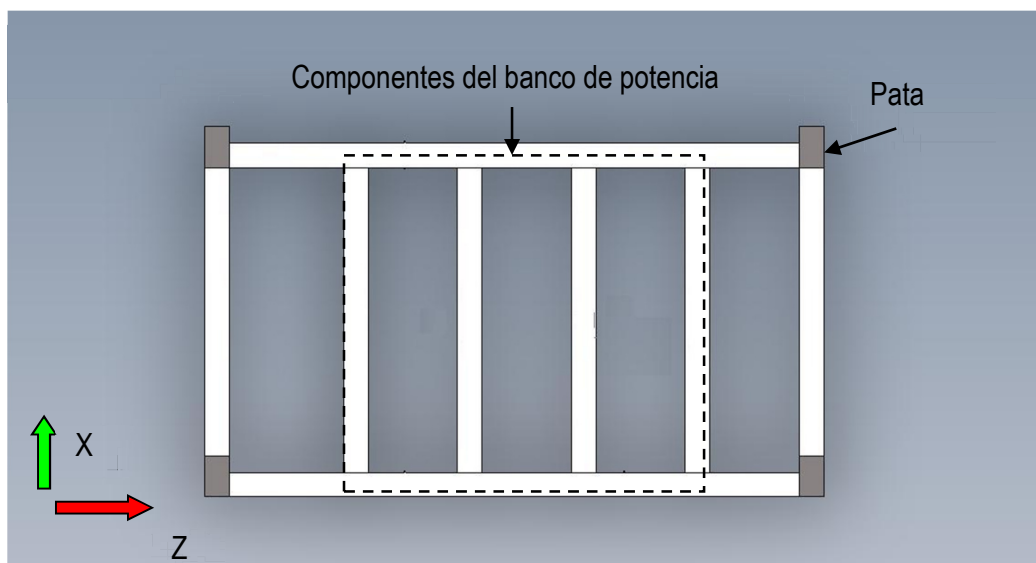


Figura 6.23

El peso de la motocicleta y el piloto está centrado en el centro del cilindro, el cilindro tiene una masa homogénea, además la estructura que sujeta el cilindro es una base rectangular y se reparte el peso de forma homogénea en las vigas de nuestra subestructura (Figura 6.22).

Existen cuatro vigas horizontales a lo largo del eje X y dos horizontales en el eje Z, por lo tanto dividiremos las cargas en todas ellas. Al soportar todo el peso entre las vigas en dirección Z deberemos dividir la fuerza en dos, y por lo tanto aplicar a cada una, una fuerza de 5.550 N más

el momento en Z. Sin embargo las cuatro barras más cortas y en dirección Z solo tendrán una carga de 2.775 N y el momento.

Primero determinaremos los esfuerzos en las barras en dirección X, con los siguientes resultados:

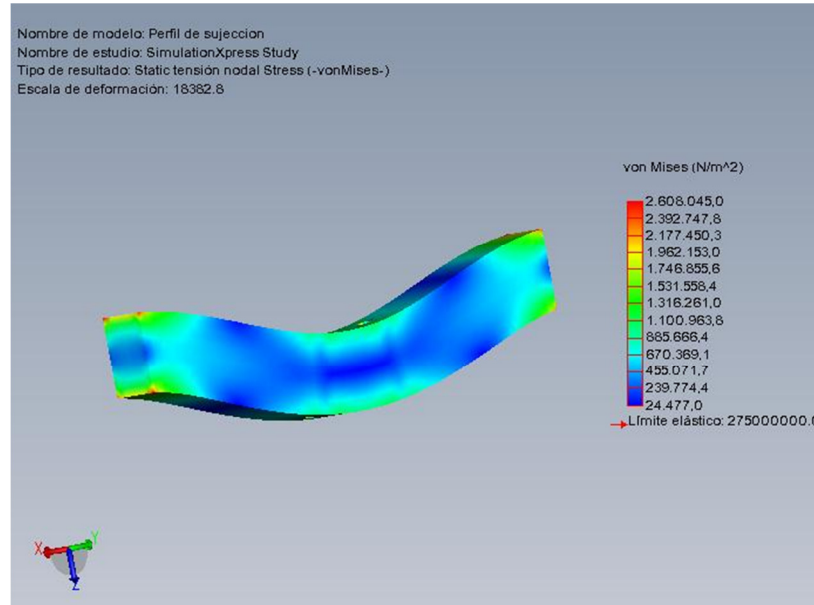


Figura 6.24

Se observa que cumple con las cargas solicitadas y mantiene un coeficiente de 62. Además, también se puede observar los desplazamientos en la siguiente imagen:

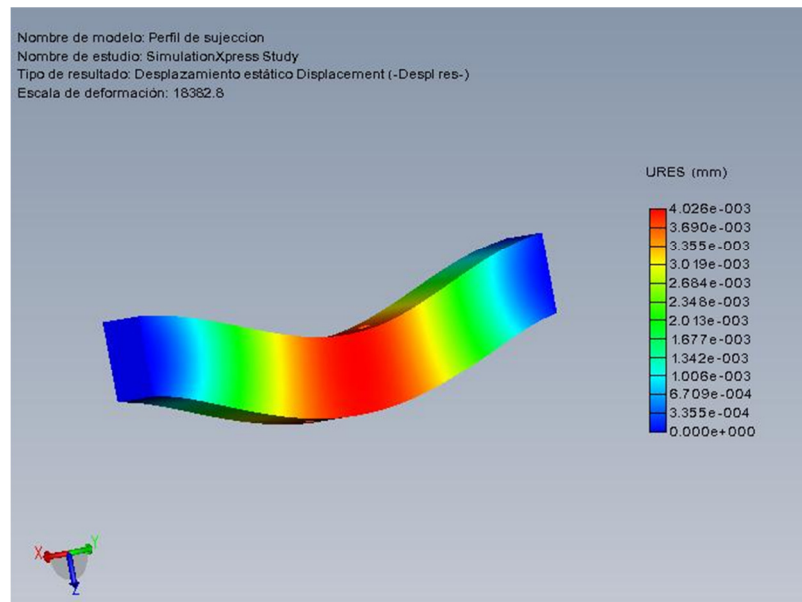


Figura 6.25

Al igual que en la anterior se observa que cumple holgadamente y que el desplazamiento que puede sufrir es 0.004025 mm. Se pueden observar las características de la malla a continuación:

Tabla 6.7

| Información de malla | |
|----------------------|----------------|
| Tipo de malla: | Malla sólida |
| Mallado utilizado: | Malla estándar |
| Tamaño de elementos: | 16.383 mm |
| Tolerancia: | 0.81913 mm |
| Calidad: | Alta |
| Número de elementos: | 6429 |
| Número de nodos: | 10456 |

Por último las barras en dirección Z los resultados son los siguientes:

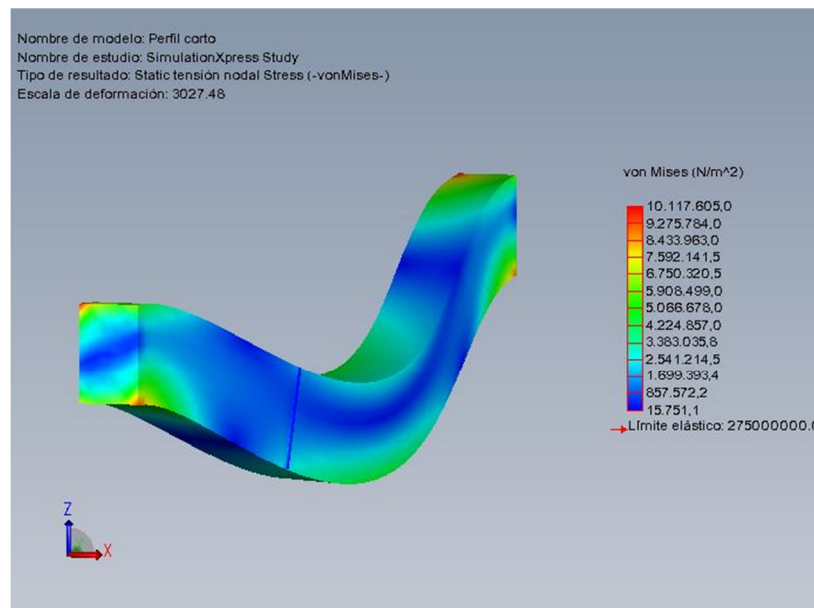


Figura 6.26

En esta imagen se puede observar como no llega en ninguna de sus zonas al límite elástico y el coeficiente de seguridad es mayor de 27.

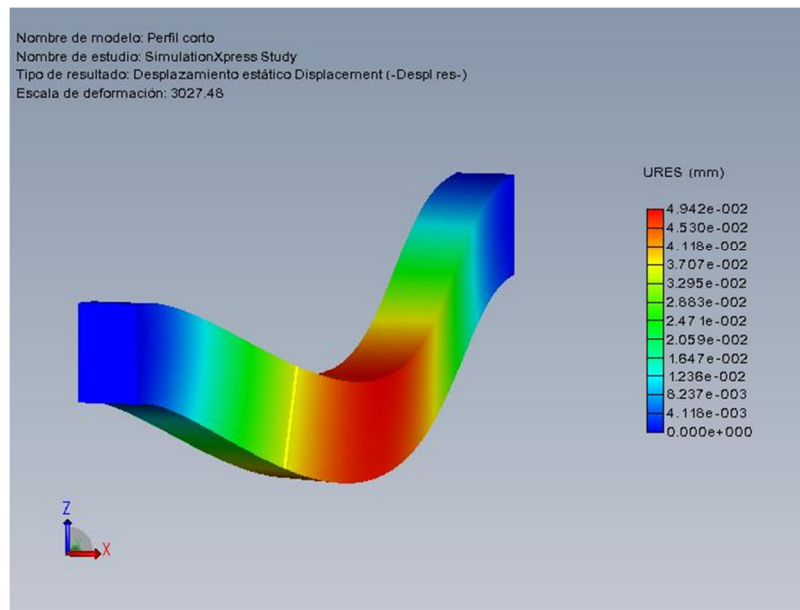


Figura 6.27

En la imagen anterior se observa los desplazamientos sufridos por la carga, los cuales son 0.04942 mm y nos confirman que las vigas son lo suficientemente resistentes con los siguientes parámetros en la malla:

Tabla 6.8

| Información de malla | |
|----------------------|----------------|
| Tipo de malla: | Malla sólida |
| Mallado utilizado: | Malla estándar |
| Tamaño de elementos: | 20.235 mm |
| Tolerancia: | 1.0117 mm |
| Calidad: | Alta |
| Número de elementos: | 3726 |
| Número de nodos: | 6255 |

6.4.1. Tornillos

Se han utilizado tornillos para la unión del chasis del dinamómetro y la estructura que sean conformes con la Norma Europa EN ISO 4017, la cual hace referencia la norma UNE 13814. Todos los tornillos son de cabeza hexagonal, roscados todo y con una calidad de 8.8.

6.5 Arnés de seguridad

Se ha decido escoger por su flexibilidad y resistencia una cuerda de fibras de poliamida, que cumple con la norma EN 696. Todas las características se encuentran a continuación:

Tabla 6.9

| | |
|--|---|
| Norma de referencia: | EN 696 cuerda en fibra para diversos usos Poliamida |
| Características técnicas: | Poliamida 6 HT multifilamento Temperatura de fusión: 2300 |
| Numero de referencia (Ø aprox) | 14 mm |
| Fuerza de tracción: | 24 daN ($\pm 5\%$) fuerza a aplicar sobre la cuerda para medir el diámetro y el paso del cableado fuerza inicial para medir la elasticidad |
| Diámetro: | 15.7 mm (± 0.5) en reposo 15.2 mm (± 0.5) bajo fuerza de tracción |
| Elasticidad ($\pm 3\%$): 500 daN 1000 daN 2000 daN 3015 daN (75% carga de ruptura) | 20% 26% 34% 38% |
| Peso por metro: | 122 g ($\pm 8\%$) |
| Apertura para paso cable: | 49 mm máximo |
| Resistencia a la ruptura: | 4020 daN mínimo |
| Tratamiento térmico: | Se ha fijado la estabilidad de sus dimensiones por medio de un tratamiento térmico |
| Construcción: La cuerda está formada por 3 cables unidos en torsión Z. · 2 cables: 8 cableados –acordonado en color blanco · 1 cable: 7 cableados blancos y uno azul Cada uno de los cables (torsión S) está constituido: Exterior: - 8 cableados de 33840 (torsión Z) Interior: - 1 cableado de 25200 (torsión Z) de color banco Un cableado de 33840 (torsión Z) compuesto por 3 torsiones de 11280 (torsión S) Un cableado de 25200 (torsión Z) compuesto por 3 torsiones de 8400 (torsión S) Un injerto de 11280 (torsión S) está compuesto por 6 hilos de 1880 Un injerto de 8400 (torsión S) está compuesto por 6 hilos de 1400 | |
| Identificación: Un alma (3 mm de largo mínimo) se incorpora en el interior de la cuerda. Debe especificar: <ul style="list-style-type: none"> • El material: poliamida • El fabricante • El número y la norma de referencia | |

Por lo tanto con las cargas máximas y las características se puede obtener el coeficiente de seguridad. La cuerda será lo más corta posible teniendo en cuenta el ángulo máximo que se permitirá en la atracción, de esta forma evitaremos la posibilidad de que aparezcan nudos o torsiones en el mismo

6.5.1. Coeficiente de seguridad

El coeficiente de seguridad dependerá de la aplicación proyectada. Se debe aplicar la siguiente relación:

– Mínima carga de rotura \geq máxima carga \times coeficiente de seguridad

Por lo tanto el coeficiente de seguridad es:

$$4,4\text{ KN} \geq 3,4\text{ KN} \cdot 1,29$$

Ecuación 6.12

6.6 Sistemas anexos

La seguridad es muy importante en el diseño, fabricación y explotación de la máquina de feria, por lo tanto, se ha determinado incluir un sistema de seguridad de los pasajeros por si existiera una caída. Este sistema se basa en una colchoneta (Fig. 6.27) de dos metros de largo por un metro y medios de ancho con un espesor de 5 centímetros y una densidad de 80 kg/m^3 . Está construida en poliuretano ignifugo y recubierto de tejido de poliéster de alta tenacidad. Este sistema evitará los posibles daños físicos de una caída.



Figura 6.28

6.7 Sistema eléctrico

El equipamiento eléctrico se compone de dos ventiladores volumétricos, un compresor de aire y varios dispositivos de iluminación. Ya que el equipo eléctrico no tiene una gran demanda de energía se ha decidido contar con una tensión de 220 voltios.

Cada uno de los ventiladores consume 0,9 kW y el compresor de 1,5 kW.

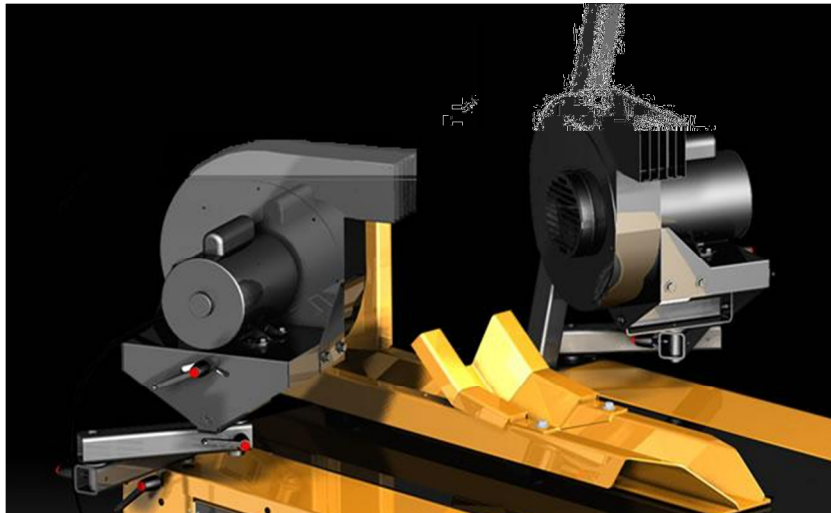


Figura 6.29

Los dispositivos de iluminación se basan en 4 focos, de 15 W cada uno, para el alumbrado de la máquina y varias líneas de leds (13,5 W/m) que indican la salida de la atracción.



Figura 6.30

Por lo tanto se tiene una potencia máxima de 3.45 kW. Siendo una potencia tan baja se ha recurrido a un cableado para uso rudo tipo SJT, que mantiene sus propiedades hasta los 60° C y un voltaje de 300 V de corriente alterna entre fases.

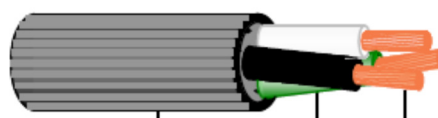


Figura 6.31

6.7.1. Clases de protección de los equipos

Las clases de protección de los equipos tales como cajas para tomas de corriente, conectores, casquillos para el paso de cables, etc., deben ser de la clase IPX4 ya que se encuentran protegidos de las precipitaciones atmosféricas directas al estar situados debajo de la plataforma de la atracción.

La clase IPX4 indica que los componentes están protegidos contra rocíos directos de agua a baja presión desde todas direcciones.

6.7.2. Protección contra descargas eléctricas

Por ser una atracción transportable es necesario una protección mediante desconexión automática del suministro de energía con una fuga máxima $\leq 0,4$ A y una resistencia total de puesta a tierra $\leq 30 \Omega$ de acuerdo con la Norma IEC 60364-4-41. Por lo tanto utilizaremos un interruptor magnetotérmico.



Figura 6.32

Además para establecer una protección de seguridad de la clase II se llevarán a cabo las siguientes acciones:

El aislamiento principal de los aparatos se duplica con un aislamiento complementario mediante una carcasa.



Figura 6.33

- La separación física de los dos aislamientos debe puede verificar por separado.
- Las partes metálicas no estarán conectadas a los conductores de protección.
- Se impedirá el contacto de los conductores con las partes metálicas que les rodean en caso de desconexión accidental mediante carcasas de PVC para los cables.

6.7.3. Medidas de protección del alumbrado

Sólo cuando los requisitos locales exijan la adopción de medidas de protección del alumbrado, se tomarán tales medidas que deben ser conformes con las normas apropiadas.

6.7.4. Alumbrado y alumbrado de emergencia

Los focos dispondrán de protecciones, mediante pantallas de plástico para evitar posibles quemaduras y golpes contra ellos.

Todas las partes de la atracción se encontraran iluminadas por los focos y existirá unas líneas iluminadas en la entrada y salida de las atracción para que esta quede perfectamente señalizada.

Si en algún momento se produce un fallo en el alumbrado normal, las partes salida, se iluminarán inmediatamente mediante un pequeño generador que permitan al público ver el camino de salida con toda seguridad. Estar preparado para funcionar mediante esta fuente de suministro de energía independiente durante un tiempo suficiente.



Figura 6.34

6.7.5. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los sistemas de protección contra sobrecargas y cortocircuitos cumple las Normas HD 384.4.43S1 y HD 384.4.473S1.

6.7.6. Sistemas de control

Existe un interruptor de corte de encendido de la motocicleta que se encuentra en la plataforma, de tal forma que el operario pueda accionarlo en cualquier instante, para salvar una situación de peligro o parar completamente la motocicleta por una emergencia

6.7.6.1. Aparamenta de baja tensión

Para el sistema de control necesitamos un interruptor de enclavamiento que cumpla la Norma Europea EN 60947, por lo tanto, se ha elegido el siguiente interruptor de parada con golpe de puño.



Figura 6.35

7. Cargas de diseño

Según la norma **UNE 13814 "Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones"**

Además de los cálculos ya realizados, se calcularán en los siguientes apartados el resto de cálculos para poder homologar la máquina de feria.

7.1 Generalidades

La atracción se encontrará siempre que existan condiciones meteorológicas adversas resguarda mediante una pequeña carpa o en el interior de algún edificio, por lo tanto se ha desestimado las acciones de la lluvia y la nieve en ella. Al tratarse de una atracción de uso individual las diferencias en de cargas entre descargado y cargado no son muy altas.

7.2 Acciones permanentes

7.2.1. Acción permanente

Para las atracciones es posible, en general, una suposición muy precisa de las acciones permanentes. Cuando puedan ocurrir variaciones, los valores G_{kh} y G_{k1} se deben tener en cuenta para la evaluación de la respuesta más probable de la estructura. En el resto de los casos, un solo valor característico G_k es suficiente.

- G_k valor característico de la acción permanente.
- G_{kh} valor característico máximo.
- G_{k1} valor característico mínimo.

En los valores anteriores se incluye el peso propio real de la estructura portante, de los accesorios y de los equipos técnicos requeridos para el funcionamiento, así como recubrimientos, lonas, y otros elementos de decoración. La influencia de la condición de mojado o seco de los materiales se tendrá en cuenta en la utilización de los valores G_{kh} y G_{k1} .

Al ser toda la estructura de acero no influirá la condición de mojado

7.2.2. Valor característicos máximos.

Se ha determinado el valor característico máximo mediante las suposiciones ya realizadas en el punto 8. A lo que hay que añadirle el peso de la estructura que es de 2 KN, sin tener en cuenta el cilindro que ya se ha tenido en cuenta. Los valores son:

- Peso de la motocicleta cargada 3,4 KN.
- Peso del cilindro 7,8 KN.
- Peso de la estructura 5.5 KN.

- Momento máximo en la estructura de sujeción de la rueda 4,08 KNm.
- Momento máximo en la estructura de sujeción del cilindro 0,210 KNm.

7.2.3. Valor característicos mínimos.

Se ha determinado que los valores mínimos se encuentran con la atracción parada y sin pasajeros, por lo tanto los valores son:

- Peso de la motocicleta descargada 2,2 KN.
- Peso del cilindro 7,8 KN.
- Peso de la estructura 5.5 KN.

7.3 Acciones variables

Incluyen las cargas externas y deformaciones impuestas (por ejemplo, cargas aplicadas, cargas giroscópicas, cargas dinámicas, cargas de viento y de nieve, temperatura o asentamiento) que actúan sobre los elementos estructurales, y que pueden variar en magnitud, dirección y punto de aplicación (variación en el tiempo y en el espacio) durante el funcionamiento normal.

7.3.1. Cargas verticales

Por cada persona mayor de 10 años

$Q_k = 1,0$ kN para unidades de un único pasajero (solamente para el cálculo de esfuerzo estático)

Lo cual se ha tenido en cuenta y mayorado, puesto se supone una carga de 1.2 kN

Áreas de acceso al público:

$q_k = 3,5$ kN/m² para suelos, escaleras, plataformas, en la entrada y salidas de la atracción.

Esta parte se tendrá en cuenta para toda la plataforma y los escalones que se colocarán para subir y bajar de la misma.

7.3.2. Cargas horizontales

No existen cargas horizontales debido a la falta de barandillas y vallas, ya que la norma UNE 13814 no nos las impone por no ser una atracción de pequeña altura. Además las vallas que rodearan la atracción disponen su propia norma que se detalla más adelante.

7.4 Cargas de viento

Se utilizarán los valores de la tabla 7.1 que se pueden aplicar sobre una atracción o estructura "tipo", instalada en áreas donde la velocidad de referencia del viento, de acuerdo con los mapas de la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-4:1995 es $v_{ref,0} \leq 28$ m/s (en condiciones de

fuera de servicio de la atracción o estructura), y cuando se disponga el cierre de la atracción para una velocidad de viento de $v_{ref} \geq 15$ m/s (en condiciones de servicio).

Tabla 7.1

| Altura de la estructura | Presión $q_{eq} = q_{ref} \cdot c_s(z_0) \cdot c_d$ (kN/m ²) para la velocidad de referencia del viento | |
|-------------------------|---|---|
| | $v_{ref} \leq 15$ m/s (en servicio) | $v_{ref,0} \leq 28$ m/s (fuera de servicio) |
| 0 ≤ 8 m | 0,20 | 0,35 |

7.4.1. Viento general

La carga de viento para una superficie dada se puede evaluar aplicando los valores anteriores en la fórmula siguiente:

$$F_w = q_{eq} \cdot c_f \cdot A_{ref}$$

Ecuación 7.1

En general, los factores de forma de las diferentes estructuras y componentes estructurales se deben tomar de la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-4. Se ha determinado el siguiente esquema como el más representativo para nuestra atracción dentro de los diferentes que existen en la norma UNE 13814 "Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones" y con el que se calculara fuerza que ejerza el viento en la estructura de la máquina de feria:

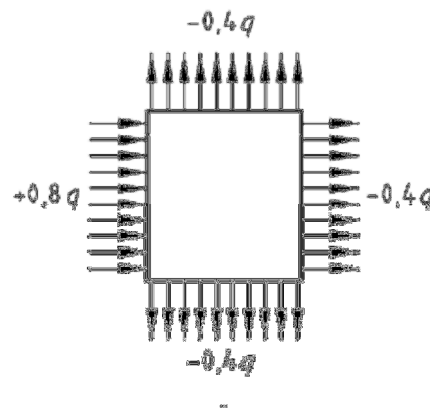


Figura 7.1

Como se ha realizado con anterioridad se suponen los valores mayores del área para obtener un mayor coeficiente de seguridad, por lo tanto se suponen como si los laterales se encontrarán totalmente cerrados y tuviera una mayor área. El área real es de 1,2 metros cuadrados, por lo cual supondremos un área de 2,88 metros cuadrados, se ha tenido en cuenta el área lateral de la motocicleta.

Como se ha obtenido en la tabla 14.2 valor de q_{eq} , lo utilizaremos junto con el área obtenida y el coeficiente obtenido del dibujo.

$V_{ref} \leq 15$ m/s (en servicio)

$$F_w = q_{eq} \cdot c_f \cdot A_{ref} = 0,2 \cdot 0,8 \cdot 2,88 = 0,461 KN$$

Ecuación 7.2

$V_{ref} \leq 28$ m/s (fuera de servicio)

$$F_w = q_{eq} \cdot c_f \cdot A_{ref} = 0,35 \cdot 0,8 \cdot 2,88 = 0,806 KN$$

Ecuación 7.3

Con las fuerzas obtenidas podemos determinar que la estructura no se encontrará en ningún momento con cargas superiores a su resistencia, ya que se ha comprobado para valores mucho mayores.

7.4.2. Viento en servicio

Se ha determinado que en condiciones de servicio el funcionamiento de la atracción se debe parar si la velocidad del viento excede de $v_{ref} = 15$ m/s (medido a 10 m de altura).

7.5 Cargas de nieve

Las cargas de nieve se deben aplicar de acuerdo con la Norma Europea Experimental ENV 1991-2-3.

En esta atracción, no es necesario tener en cuenta las cargas de nieve ya que, se ha diseñado para que en las condiciones de funcionamiento se evite la acumulación de nieve sobre la atracción en funcionamiento. Esto se consigue porque es una atracción que se encuentra siempre y cuando puedan existir condiciones meteorológicas adversas debajo de una carpa que la cubre completamente.

7.6 Fuerzas de inercia

Las fuerzas de inercia se deben determinar de acuerdo con las circunstancias que prevalezcan en cada caso; véase, el anexo B para el cálculo de estas fuerzas en diferentes tipos de atracciones. En este anexo no aparece este tipo de atracción y las que tienen elementos parecidos las condiciones son menores a las determinadas con anterioridad.

7.7 Colisiones

Los efectos de las cargas de colisión sólo es necesario tenerlos en cuenta para los componentes estructurales directamente afectados y a sus anclajes asociados. Por lo tanto se realizarán las comprobaciones en la parte donde apoya la rueda delantera de la motocicleta. Sin embargo la

motocicleta tiene un sistema de suspensión que absorberá parte de la colisión, pero no se tendrá en cuenta para que la seguridad sea mayor.

Se debe asumir que la colisión se produce en el punto más desfavorable del componente estructural implicado, y el cálculo se debe basar en la masa del vehículo completamente ocupado (m_{tot} en kg).

Si la colisión sólo puede ocurrir con ángulos $\alpha \leq 90^\circ$, se debe asumir que la fuerza de colisión F (en N) es $F = 9,81 \times m_{tot} \times \sin \alpha$ (m_{tot} en kg), sin que en ningún caso el valor para el cálculo sea inferior a $m_{tot} \times 0,3 \times 9,81$.

Para mayor seguridad utilizaremos el ángulo mayor en el choque para realizar la comprobación que son 90 grados y con la carga máxima que se determinó en el apartado de cargas (3,4 kN) con su correspondiente conversión a kg.

$$F = 9,81 \cdot m_{tot} \cdot 1 = 9,81 \cdot 346 \cdot 1 = 3,4 \text{ kN}$$

Ecuación 7.4

Esta fuerza se ha utilizado en la comprobación mediante ordenador, teniendo en cuenta la posición más desfavorable donde pueda colisionar la rueda en la plataforma y se ha comprobado lo siguiente:

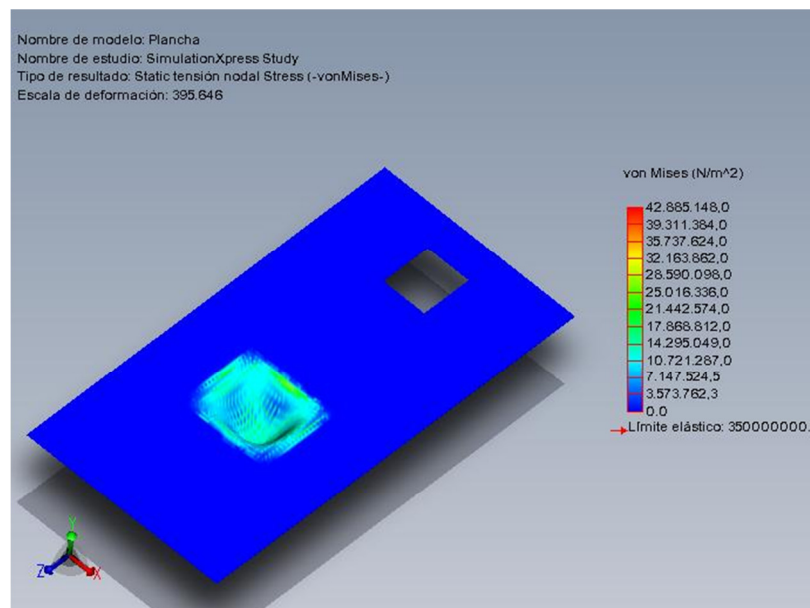


Figura 7.2

En estas condiciones el coeficiente de seguridad es mayor de 8 los desplazamientos los siguientes:

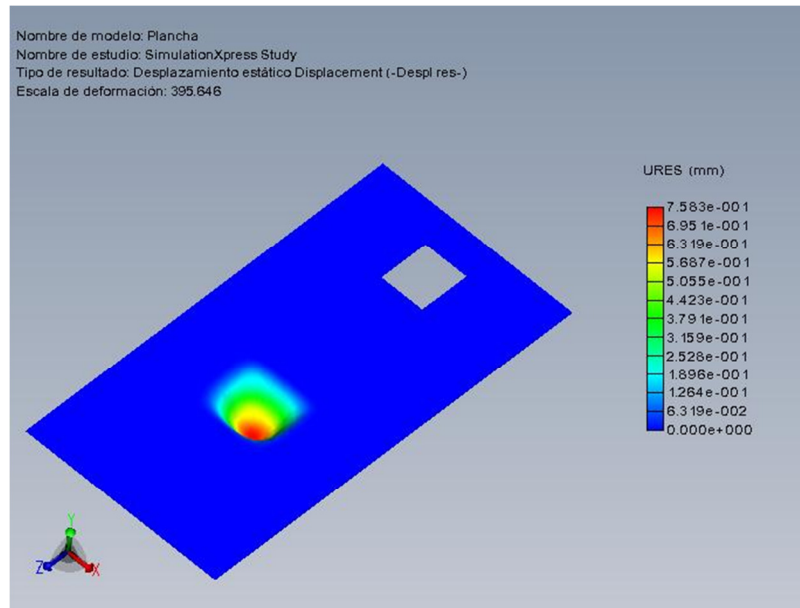


Figura 7.3

Con todo el peso en el lugar más desfavorable el desplazamiento es 0.7583 mm.

7.8 Combinación de cargas

Según la norma UNE 13814 "Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones" La determinación de los estados límite para las atracciones se debe realizar utilizando las siguientes combinaciones y coeficientes parciales de seguridad.

7.8.1. Combinaciones fundamentales

Los valores de diseño de las acciones se deben combinar de la siguiente forma:

$$\sum \gamma_G \cdot G_K + \sum \gamma_Q \cdot G_{K,i} = \sum 1,1 \cdot G_K + \sum 1,35 \cdot G_{K,i}$$

Ecuación 7.5

Ambos casos se deben comprobar, donde

$\gamma_G = 1,1$ ó $1,35$ es el coeficiente parcial de seguridad para acciones permanentes;

$\gamma_Q = 1,35$ es el coeficiente parcial de seguridad para acciones variables;

G_K es el valor característico de acciones permanentes;

$Q_{K,i}$ es el valor característico de una de las acciones variables.

En este caso en el que sólo existen acciones variables en la plataforma y las acciones permanentes por lo tanto se realizará esta comprobación de la siguiente manera:

$$\sum \gamma_G \cdot G_K + \sum \gamma_Q \cdot G_{K,i} = \sum 1,1 \cdot G_K + \sum 1,35 \cdot G_{K,i}$$

$$1,35 \cdot 3400N + 1,35 \cdot 3500N / m^2 \cdot 3m^2 = 18765N$$

Ecuación 7.6

Por lo tanto, se ha comprobado que la combinación de cargas se encuentra muy por encima del nivel mínimo con un coeficiente de seguridad de 16, y como se puede observar:

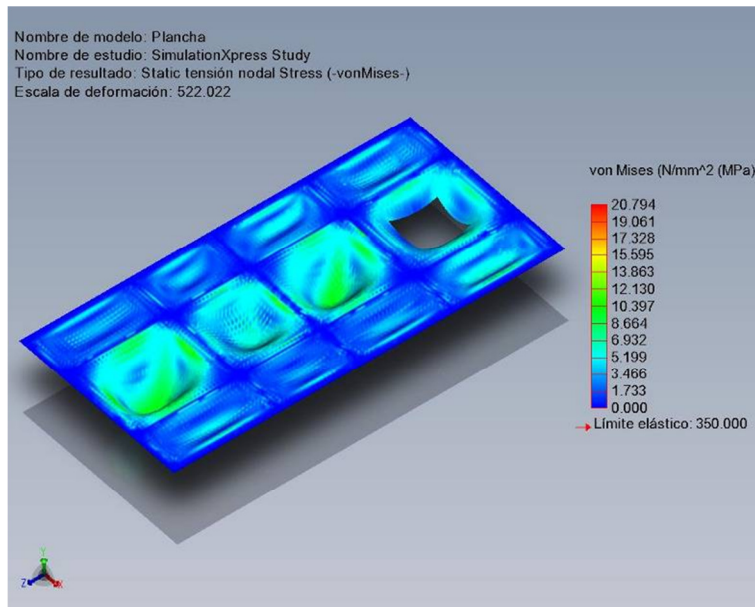


Figura 7.4

No existe ninguna zona crítica y los desplazamientos son los siguientes:

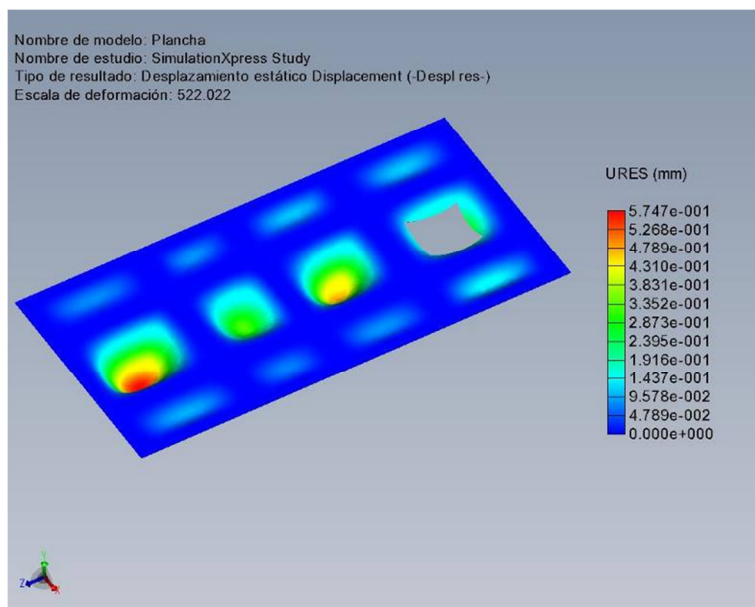


Figura 7.5

Existe un valor máximo de 0,5747 milímetros, en el caso más extremo y siendo un valor tan pequeño se puede afirmar que es totalmente seguro.

Por lo tanto se concluye que todas las piezas además de cumplir la norma UNE 13814, son seguras y cumplirán el uso al que están destinadas.

8. Verificación de estabilidad

8.1 Vuelco, deslizamiento y levantamiento.

8.1.1. Vuelco

Según la norma **UNE 13814 "Maquinaria y estructuras para parques y ferias de atracciones"**, se deben proporcionar pruebas para demostrar la seguridad contra el vuelco, el deslizamiento y la elevación de las atracciones y de sus componentes estructurales. En las comprobaciones de seguridad contra el vuelco, el deslizamiento y la elevación no se deben incluir las cargas aplicadas que actúen favorablemente y los pesos propios de los componentes estructurales y accesorios que no existan siempre.

Sólo se debe tener en cuenta el valor más bajo de las influencias favorables que actúan de forma permanente. Si no se puede alcanzar un adecuado grado de seguridad en toda la estructura en virtud del peso propio de la estructura en sí misma, se deben adoptar medidas adicionales para garantizarlo tales como contrapesos, anclajes y apoyos.

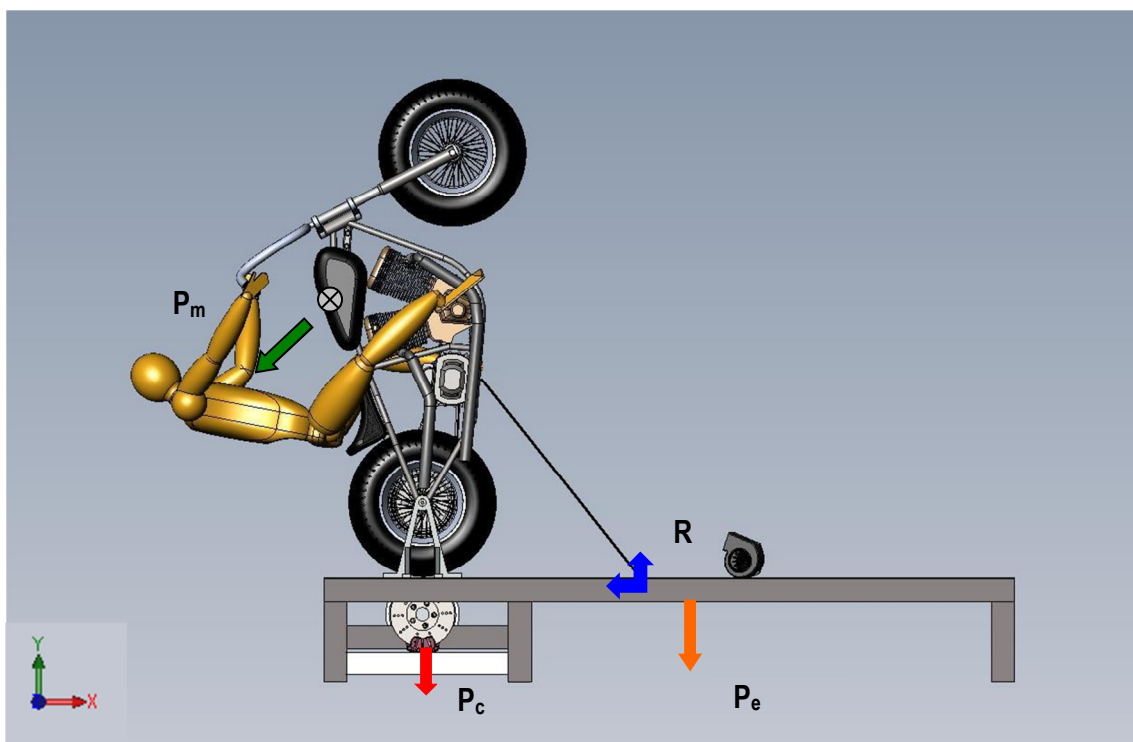


Figura 8.1

Donde,

P_m es el peso de la motocicleta y el pasajero.

P_c es el peso del cilindro.

P_e es el peso de la estructura

R es la reacción del arnés de seguridad, que se subdivide en R_x y R_y según la dirección en la que reaccionan.

El peso de la motocicleta y el pasajero se supone con un ángulo de cuarenta y cinco grados con la horizontal (P_m) para otorgar un valor a la fuerza que puede ejercer la persona impulsando hacia atrás. También hay que tener en cuenta las reacciones de la cuerda en la estructura, las cuales con un simple cálculo se demuestra que vale:

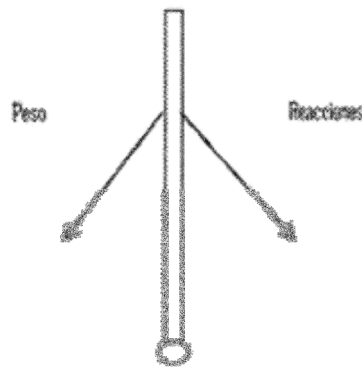


Figura 8.2

Se realiza un sumatorio de momentos entre el peso y las reacciones del arnés de seguridad.

Ambas, fuerza y reacción están a 45° con la vertical, además se colocará el arnés de seguridad a la misma altura del centro de gravedad, ya que existe la facilidad, por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 P_m \cdot D_{cdg} &= R \cdot D_R \\
 3400 \cdot 0.6636 &= R \cdot 0.6636 \\
 R &= 3400N \\
 R \cdot \cos 45^\circ &= 2404N \\
 R_x &= 2404N \\
 R_y &= 2404N
 \end{aligned}$$

Ecuación 8.1

A continuación se ha calculado un par de estabilidad para determinar que la atracción es segura y siguiendo la norma UNE 13814. Todos los momentos se toman desde la pata trasera a nivel del suelo.

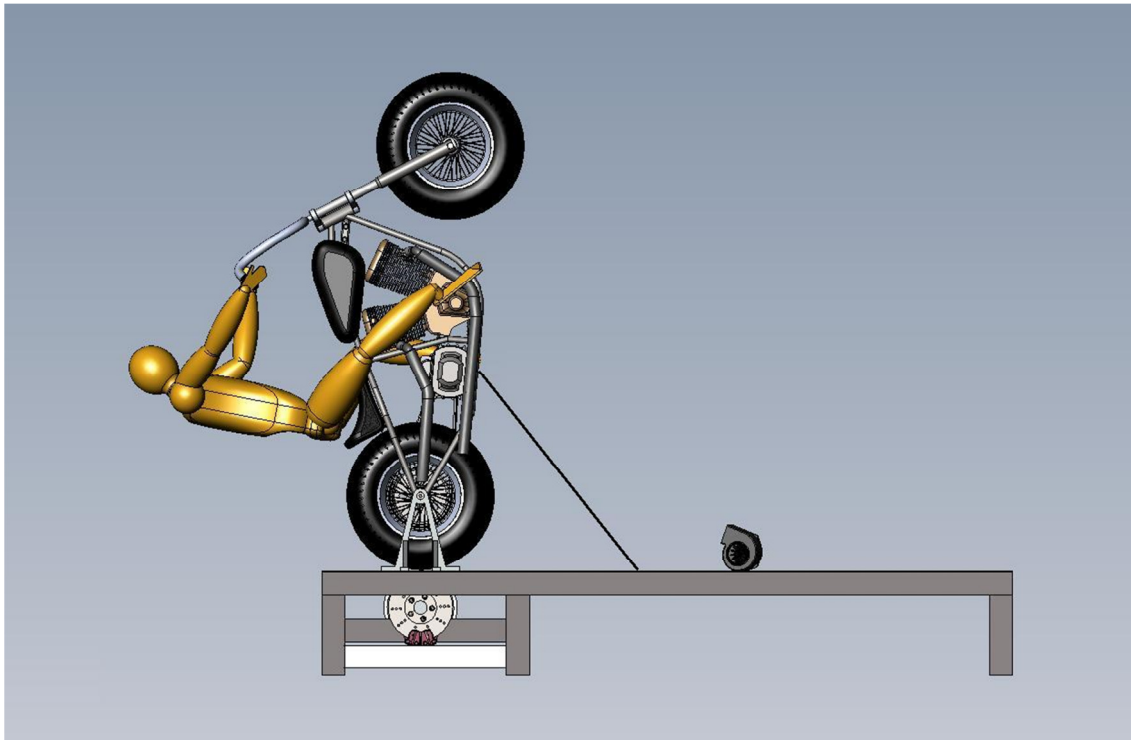


Figura 8.3

Ya que el ángulo del ames de seguridad es de 45° respecto a la estructura. Como el peso de las atracciones se puede obtener con precisión, esto permite una determinación más precisa de los coeficientes de seguridad a obtener:

Tabla 8.1

| | |
|---|----------------|
| 1 Partes del peso propio que actúan favorablemente | $\gamma = 1$ |
| 2 Partes del peso propio que actúan desfavorablemente | $\gamma = 1,1$ |
| 3 Cargas de viento que actúan desfavorablemente | $\gamma = 1,2$ |
| 4 Partes de las cargas distintas a las mencionadas en los puntos 2 y 3 que actúan desfavorablemente | $\gamma = 1,3$ |

Nota: Si las cargas se descomponen en diferentes componentes, estos componentes se deben multiplicar por el mismo valor γ .

$$\sum \gamma \cdot M_{ST,K} \geq \sum \gamma \cdot M_{K,k} =$$

Ecuación 8.2

Dónde:

γ_{es} el coeficiente de seguridad según la tabla 8.1.

$M_{St, k}$ son los valores del momento de estabilización;

$M_{K, k}$ son los valores del momento de vuelco.

$$\begin{aligned}
 1 \cdot M_{Pc} + 1 \cdot M_{Pe} + 1 \cdot M_{Pm} &\geq 1.1 \cdot M_{Pm} + 1.1 \cdot R_x + 1.1 \cdot R_y + 1.2 \cdot M_{Pv} = \\
 7800 \cdot 0.43 + 5500 \cdot 1.5 + 3400 \cdot \cos 45 \cdot 0.43 &\geq \\
 \geq 1.1 \cdot 3400 \cdot \sin 45 \cdot 1.2 + 1.1 \cdot 2404 \cdot 0.4 + 1.1 \cdot 2404 \cdot 1.18 + 1.2 \cdot 461 \cdot 1.2 = \\
 12637.8 &\geq 10317.2
 \end{aligned}$$

Ecuación 8.3

Donde,

M_{Pc} es el momento que genera el peso del cilindro.

M_{Pe} es el momento que genera el peso de la estructura.

M_{Pm} es el momento que genera el peso de la motocicleta.

M_{Pv} es el momento que genera el viento.

R_x reacción en la dirección X del arnés de seguridad

R_y reacción en la dirección Y del arnés de seguridad

Por lo tanto no es necesario lastrar, ni poner anclajes o apoyos, para asegurar que la estructura no volcará en ningún momento.

8.1.2. Deslizamiento

La seguridad contra el deslizamiento se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$\sum \gamma \cdot \mu \cdot N_k \geq \sum \gamma \cdot H_k =$$

Ecuación 8.4

Dónde:

γ es el coeficiente de seguridad de acuerdo con la tabla 8.1;

N_k es la componente vertical de la carga;

H_k es la componente horizontal de la carga;

μ es el coeficiente de rozamiento de acuerdo con la tabla 8.2;

Para la determinación de las fuerzas de rozamiento se pueden asumir los siguientes coeficientes de rozamiento, salvo que para casos individuales se disponga de valores más elevados obtenidos mediante ensayos, o a menos que el efecto de la humedad requiera la adopción de valores más bajos.

Tabla 8.2

| | Madera | Acero | Hormigón |
|--|---------------|--------------|-----------------|
| Madera | 0,4 | 0,4 | 0,6 |
| Acero | 0,4 | 0,1 | 0,2 |
| Hormigón | 0,6 | 0,2 | 0,5 |
| Aralla^a | 0,25 | 0,2 | 0,25 |
| Margen^a | 0,4 | 0,2 | 0,4 |
| Arca y gravas | 0,65 | 0,2 | 0,65 |
| ^a Al menos, los valores de resistencia descritos en la Norma Europea Experimental EN1997-1. | | | |

Al ser una atracción que se puede colocar en multitud de emplazamientos diferentes pero siempre sobre tacos de madera para ofrecer mayor seguridad se ha elegido el coeficiente menor para la comprobación que es el de la madera con el acero, que es el material de nuestra estructura, con lo cual quedaría:

$$1 \cdot \mu \cdot P_c + 1 \cdot \mu \cdot P_e + 1 \cdot \mu \cdot P_m \cdot \cos 45 + 1 \cdot \mu \cdot R_y \geq 1.1 \cdot P_m \cdot \cos 45 + 1.1 \cdot R_x + 1.2 \cdot H_v =$$

$$0.4 \cdot 7800 + 0.4 \cdot 5500 + 0.4 \cdot 3400 \cdot \cos 45 + 0.4 \cdot 2404 \geq 1.1 \cdot 3400 \cdot \sin 45 + 1.1 \cdot 2404 + 1.2 \cdot 461 =$$

$$7243.6 \geq 5842.4$$

Ecuación 8.5

Donde,

P_m es el peso de la motocicleta y el pasajero.

P_c es el peso del cilindro.

P_e es el peso de la estructura

R_x es la reacción del arnés de seguridad en la dirección X.

R_y es la reacción del arnés de seguridad en la dirección Y.

H_v es la fuerza del viento.

Esto determina que no es necesario ningún tipo adicional de medida para asegurar el deslizamiento.

9. Diseño estructural y fabricación

9.1 Accesibilidad

Los componentes estructurales que se dimensionen de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.6.3.2 de la norma UNE 13814 con un coeficiente parcial de seguridad de $\gamma_{Mf} = 1,1$ ó 1,0, deben ser accesibles, donde sea necesario, para la verificación de los mismos cuando estén desmontados. Sin embargo sea confirmado que nuestras estructuras han obtenido un coeficiente de seguridad muy superior.

9.2 Dispositivos de fijación y seguridad

Los tornillos, las tuercas, las arandelas planas y otros tipos de elementos de fijación, cuyo aflojamiento como consecuencia de las tensiones fluctuantes pueda ocasionar situaciones de peligro, se deben asegurar mediante métodos fiables.

En los tornillos pretensados (de acuerdo con la tabla 9.1), el pretensado se considera como una seguridad frente al aflojamiento.

Tabla 9.1

| Tamaño de rosca | Fuerza de pretensado admisible F_p (kN) para las distintas clases | | | Pares de apriete admisibles M_k (Nm) para las distintas clases | | |
|-----------------|--|-----|------|---|-------|-------|
| | 4.8 | 8.8 | 10.9 | 4.8 | 8.8 | 10.9 |
| M 8 | 14 | 16 | 23 | 21 | 25 | 35 |
| M 10 | 22 | 26 | 37 | 41 | 49 | 69 |
| M 12 | 31 | 37 | 50 | 70 | 84 | 120 |
| M 16 | 60 | 71 | 100 | 176 | 206 | 350 |
| M 20 | 94 | 111 | 160 | 338 | 402 | 600 |
| M 22 | 116 | 138 | 190 | 458 | 539 | 900 |
| M 24 | 135 | 160 | 230 | 588 | 696 | 1 100 |
| M 27 | 177 | 210 | 290 | 873 | 1 030 | 1 650 |
| M 30 | 216 | 257 | 350 | 1 177 | 1 422 | 2 200 |
| M 33 | 275 | 326 | 450 | 1 668 | 1 977 | 2 784 |
| M 36 | 323 | 382 | 510 | 2 134 | 2 534 | 3 340 |

Al tratarse de nuestros tornillos de una clase 8.8 además de tener en cuenta el pretensado necesario, se debe justificar las fuerzas de tracción admisibles mediante la siguiente tabla:

Tabla 9.2

| Tensiones predominantemente estáticas para estados de carga | | Tensiones de vibración para estados de carga | |
|---|----------------------------------|--|----------------------------------|
| Únicamente acciones permanentes | Acciones permanentes y variables | Únicamente acciones permanentes | Acciones permanentes y variables |
| $0,7 F_k$ | $0,6 F_k$ | $0,6 F_k$ | $0,7 F_k$ |
| F_k de acuerdo con la tabla 8. Los valores de esta tabla se pueden aplicar con un coeficiente de carga parcial $\gamma_{F1} = 1,0$ para el caso de tensiones de vibración. | | | |

Los tornillos que fijan la estructura son de métrica 17, con la calidad especificada y los coeficientes de la tabla anterior determinamos que la resistencia a tracción es la siguiente:

$$17^2 \cdot \pi \cdot 800 \cdot 0.6 = 435.8 \text{ kN}$$

Ecuación 9.1

Con el resultado anterior se determina que los tornillos se encuentran diseñados con un gran rango de seguridad, ya que además de tener la máxima fuerza en la estructura de un orden de magnitud menor (11kn) existen 6 tornillos en cada parte de la estructura...

9.3 Uniones desmontables

En las uniones atornilladas que se realicen con tornillos de las clases 8.8, no se permiten arandelas-muelle, arandelas dentadas, arandelas tipo abanico (serradas) y dispositivos similares. Por lo tanto nuestros tornillos irán sin este tipo de dispositivos

9.4 Corrosión y oxidación.

Para los componentes de acero primero se pintarán con una pintura anticorrosiva que cumpla la Norma Europea Experimental ENV 1993-1-1, además se repintara con pintura de color para obtener un aspecto atractivo.

10. Reducción de riesgos

10.1 Identificación de peligro

El principal peligro que existe en el simulador de caballitos es una caída desde la motocicleta hacia detrás, ya que la plataforma y escaleras son resistentes al deslizamiento y no existen puntos críticos de tropiezos o aberturas, así como ninguna zona cortante o punzante abierta al público.

Además la atracción se encontrará rodeada por vallas para la seguridad del público y pasajeros, así se evita cualquier posible aplastamiento de la motocicleta sobre las personas.

10.2 Plataformas

Como se ha descrito antes la plataforma será de un material antideslizamiento como es la plancha de acero con estrías y no existirá inclinación en misma.

10.3 Escaleras

Las escaleras tienen una anchura de 0,60 metros ya que la utilización de estas estará limitada a un número de personas. Los escalones tendrán una altura de 0,15 metros. La huella de la pisada y la altura de la misma serán uniformes en toda su longitud y no existirá ningún tipo de inclinación.

10.4 Caídas

Al tener una altura de 0,40 metros la plataforma y las escaleras no necesitan barandillas en ningún caso. Sin embargo se dispondrá de vallas delimitando el perímetro y a una distancia mínima de seguridad alrededor del simulador, para evitar que el público pueda quedar dentro de la zona de influencia de la máquina, donde podrían sufrir aplastamientos por la máquina o los pasajeros.

Además para las posibles caídas hacia detrás de la motocicleta se dispondrá una zona que amortigüe el golpe. Esta zona será de al menos 2 metros de longitud y de una anchura mínima de 1,5 metros.

10.5 Aplastamientos o enganches

Como se ha comentado anteriormente la atracción dispondrá de vallas de delimitación del público y pasajeros en espera del tipo J2 como contempla esta norma UNE 13814 en el apartado 6.2. Estos dispositivos se dispondrán a una distancia mínima de 0,5 metros.

10.6 Protección partes peligrosas de la máquina

La parte peligrosa de la máquina es el cilindro, el cual se encuentra fuera del alcance del pasajero en el momento de la utilización de la atracción y fuera del alcance del público por encontrarse delimitados mediante las vallas anteriormente descritas, además, cuenta la motocicleta con un dispositivo que para el motor mediante un dispositivo de bloqueo que se encuentra controlado por el personal y es ajeno al público y pasajeros.

10.7 Criterios relativos a las características de los pasajeros

Los únicos pasajeros que podrán montar en esta atracción serán adultos, nunca menores de edad aún con acompañamiento de un adulto.

11. Conclusiones

Creo que la conclusión más importante que he podido sacar con este proyecto se refiere a que aún teniendo buenos programas de análisis y la capacidad para resolver un problema más o menos sencillo, la obligación de seguir las normas establecidas entraña una dificultad añadida. Esto es debido a que es necesario, primero se debe conocer o investigar cual es la ley, decreto, etc. que hay que aplicar, además puede depender de la comunidad autónoma, y que muchas veces van unidos a otros, lo que requiere un trabajo de investigación. Después hay que conocer la norma o normas por la que se rige, seguirlas y cumplirlas. Y aunque la norma no entrañe dificultad técnica se necesita el suficiente tiempo como para realizar todos los puntos sin poder cometer errores lo que supondría un incumplimiento y por tanto una ilegalidad, obteniendo graves problemas.

También con el análisis sobre la resistencia de las diferentes partes de la máquina se obtiene que las piezas de sujeción estén sobredimensionadas. Sin embargo, esto es una ventaja, debido a que se tiene la posibilidad de cambiar de motocicleta por otras más pesadas y no existiría problema alguno por ello. Además, con un sobredimensionamiento se obtiene una vida útil de la pieza mayor.

Para terminar y como hemos comprobado, existen varias formas de facilitar la maniobra, pero el objetivo era la mayor similitud con la realidad. Sin embargo, se pueden modificar varios parámetros para facilitar el uso y por tanto la espectacularidad de la atracción, ya que cualquier persona con mínimo esfuerzo podría conseguir realizar la maniobra.

12. Presupuesto

En la siguiente tabla se presentan desglosados los precios de cada elemento, material necesario y mano de obra para llevar a cabo la construcción de la máquina. Como ya se ha dicho la motocicleta será comprada de segunda mano para ahorrar y porque no necesitamos una máquina de última generación, sólo que la estética sea atractiva y además un modelo deportivo.

| Descripción | Cantidad | Precio por unidad | Precio total |
|--------------------------------------|----------|-------------------|------------------|
| Tubo de sección rectangular (metros) | 27 | 5,74 | 154,98 |
| Plancha de Acero | 1 | 250,00 | 250,00 |
| Cuerda (10 metros) | 1 | 33,00 | 33,00 |
| Sujeción de la rueda | 2 | 300,00 | 600,00 |
| Banco de potencia Dinojet 210i | 1 | 10.000,00 | 10.000,00 |
| Motocicleta Yamaha R6 | 1 | 3.000,00 | 3.000,00 |
| Compresor | 1 | 350,00 | 350,00 |
| Colchoneta | 1 | 43,20 | 43,20 |
| Focos | 4 | 54,00 | 216,00 |
| Líneas de luces | 1 | 13,50 | 13,50 |
| Magnetotérmico DPX 250 Tripolar 63 A | 1 | 348,20 | 348,20 |
| Pulsador de emergencia | 1 | 39,71 | 39,71 |
| Caja aislante | 1 | 33,06 | 33,06 |
| Autogenerador | 1 | 198,00 | 198,00 |
| Pequeño material | 1 | 50,00 | 50,00 |
| Soldadura | 1 | 600,00 | 600,00 |
| Montaje (horas) | 16 | 25,00 | 400,00 |
| Coste del proyecto (horas) | 60 | 30,00 | 1800,00 |
| Total | | | 16.689,65 |

Como se puede ver la inversión inicial no es alta, por lo tanto la amortización podría ser bastante rápida. El modelo de negocio se basará en el alquiler de la máquina para eventos como puede

ser grandes premios de motociclismo o concentraciones o eventos privados. Por lo tanto se alquilará por días. Es necesario trasladar la máquina y dependiendo de las condiciones del evento uno o varios operario.



Figura 12.1

Se tendrá en cuenta si el contratante requiere publicidad en las diferentes zonas propuestas.



Figura 12.2

Por lo tanto en función de todas las posibilidades se especificará el total a pagar por el contratante.

Con este sistema se reducen los riesgos, ya que no es necesario disponer de un local o operarios fijos, simplemente se organiza en función de la demanda. Además, las funciones son muy básicas y los operarios no necesitan formación especializada.

13. Bibliografía

- Bibliografía
Biblioteca de la Universidad Carlos III de Madrid.
http://www.uc3m.es/portal/page/portal/biblioteca/aprende_usar/como_citar_bibliografia
- Cocco G. *Motorcycle design and technology : how and why*. 1ª ed. Italy: Giorgio Nada Editore, 1991. 215p ISBN. 88-7911-344-5.
- Bradley, J. *The racing motorcycle. A technical guide for constructors*. Volumen 1. 1ª ed. Inglaterra. Broadland Leisure Publications. 406p. ISBN: 0 9512929 27.
- Foale, T. *Motocicletas. Comportamiento dinámico y diseño de chasis*. David Sánchez (traducción). 2ª ed. España: Tony Foale Design, 2006. ISBN: 84-933286-3-4.
- Fundación para el fomento de la innovación industrial <http://www.ffii.es>
- *Motociclismo* Nº 2.141.2007 Motorpress Ibérica, S.A, Madrid España
- Mercado CE
Portal del desarrollo tecnológico.
<http://www.mercado-ce.com>
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
Leggio, Contenidos y Aplicaciones Informáticas.
http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd1644-2008.html
- Real Decreto 2110/1998, de 2 octubre, por el que se aprueba el *Reglamento de Máquinas Recreativas y de Azar*.
Leggio, Contenidos y Aplicaciones Informáticas.
http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd2110-1998.html

14. Planos

14.1 Subconjuntos estructurales

15. Libro de operaciones

16. Formulario de inspección

17. Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre.